

Annalen der Physik


BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.



ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LXVI.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

SECHS UND SECHSZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT ZWEI UND VIERZIGSTER.

NEBST ZWEI KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1845.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

DRITTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

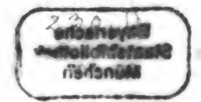
VON

J. C. POGGENDORFF.

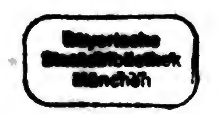
SECHSTER BAND.

NEBST ZWEI KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1845.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.






Bayerische
Staatsbibliothek
München

I n h a l t

des Bandes LXVI der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Seite

I. Ueber die Bestimmung der Temperatur und Wärmeleitung fester Körper; von Ch. Langberg. 1

II. Ueber die Temperaturveränderungen beim Austausche von Basen; von Th. Andrews. 31

Zusatz. Ueber die Bestimmung der specifischen Wärme von Flüssigkeiten. 53

III. Methode zur Bestimmung der entwickelten Wärmemengen auf nassem Wege; von Hefs. 58

IV. Ueber eine Reihe von Doppelsalzen aus Quecksilberoxydul und Quecksilberoxyd; von Th. Brooks. 63

V. Beiträge zur Kenntnifs der Lithionsalze; von C. Rammelsberg. 79

VI. Versuche, das Atomgewicht des Urans zu bestimmen; von Demselben. 91

VII. Ueber das Cyaneisenkalium; von F. F. Runge. 95

VIII. Ueber die Verminderung des specifischen Gewichts, welche die Porcellanmasse beim Brennen ungeachtet des Schwindens erleidet; von G. Rose. 97

IX. Ueber Säure im Bernstein und über zähflüssigen Bernstein; von E. F. Glocker. 110

X. Ueber die quantitative Bestimmung des Harnstoffs, des Kalis und Ammoniaks im Harn, und über die Zusammensetzung des salpetersauren Harnstoffs; von W. Heintz. 114

Seite

XI. Einfache Methode die geringsten Mengen von schwefliger Säure nachzuweisen; von Demselben. 160

XII. Bemerkungen über das sogenannte Ozon; von N. W. Fischer. 163

XIII. Bemerkungen zu Schönbein's Beleuchtung meiner Meinung, betreffend das Ozon; von Demselben. 168

XIV. Ueber den Einfluſs der Temperatur auf das Leitungsvermögen der Flüssigkeiten für galvanische Ströme; von C. F. Henrici. 174

XV. Regenmenge in verschiedenen Höhen über dem Boden. . . 176

Zweites Stück.

I. Ueber das Absorptionsvermögen des Bluts für Sauerstoff; von G. Magnus. 177

II. Galvanische und elektromagnetische Versuche; von M. H. Jacobi. 207

III. Zum elektrischen Nebenstrom; von K. W. Knochenhauer. 235

IV. Einige Bemerkungen zu Schröder's Abhandlung: Ueber den Einfluſs der Elemente auf die Siedhitze; von C. Löwig. (Dritte Abhandlung.) 250

V. Hitze durch starre Kohlensäure. 268

VI. Beiträge zur Kenntniſs des Sefström'schen Frictionsphänomens; von Th. Scheerer. 269

VII. Einige Bemerkungen über die Versuche des Hrn. Williamson, betreffend das Ozon; von C. F. Schönbein. 291

VIII. Versuche über künstliche Bildung von entzündlichem Blut durch Arzeneiwirkungen; von C. H. Schultz. 294

IX. Notiz über die Untersuchungen des Eises als festen Körpers; von W. Struve. 298

X. Dr. Petzholdt's Versuche über die Dichtigkeit des Eises bei verschiedenen Temperaturen; von O. Fort. 300

XI. Ueber die Bildung der unterjodigen Säure und die bei den Umwandlungen dieser neuen Säure stattfindenden Reactionen; von Koene. 302

XII. Einige fragmentarische Untersuchungen über einen neuen Stoff im Eudialyt; von L. Svanberg. 309

Seite

XIII. Einige Bemerkungen zu der Abhandlung des Hrn. Heintz über die Zusammensetzung des salpetersauren Harnstoffs; von R. F. Marchand. 317

Drittes Stück.

I. Akustische Versuche auf der Niederländischen Eisenbahn, nebst gelegentlichen Bemerkungen zur Theorie des Hrn. Prof. Doppler; vom Dr. Buijs Ballot 321

II. Von der Geschwindigkeit des Schalls zwischen zwei Standpunkten von gleicher oder ungleicher Höhe über dem Meere; von A. Bravais und Ch. Martins. 351

III. Untersuchungen über die Beschaffenheit der stehenden Wellen; von N. Savart. 374

IV. Ueber den Ausfluſs der tropfbaren Flüssigkeiten; von Parrot d. A. 389

V. Ueber das Verhältniſs der elektrischen Polarität zu Licht und Wärme; von Neeff. 414

VI. Ueber die Anwendung des elektrischen Funkens zu Geschwindigkeitsmessungen; von W. Siemens. 435

VII. Ueber ein Volumenometer; von V. Regnault. 445

VIII. Ueber die Zersetzung des Wassers durch Metalle in Gegenwart von Säuren und Salzen; von E. Millon. 449

IX. Blaues Licht nicht allein vom Golde durchgelassen; von Dupasquier. 452

X. Belegung von Glasspiegeln mittelst Silber. 454

XI. Ueber einen neuen neutralen Punkt in der Polarisation der Atmosphäre; von D. Brewster. 456

XII. Künstliche Erzeugung von durchsichtiger Kieselerde und von Hydrophan; von Ebelmen. 457

XIII. Ausbruch des Hekla. 458

XIV. Geschichtliche Notiz. — Newton's Sonnenuhren. 461

XV. Preisfrage der K. Academie gemeinnütziger Wissenschaften zu Erfurt. 462

Viertes Stück.

Seite

I. Ueber den muthmaſslichen Ursprung der Meteorsteine, nebst einer Analyse des Meteorsteins, welcher am 2. Juni 1843 in der Provinz Utrecht gefallen ist; von E. H. v. Baumhauer. . . 465

II. Bemerkungen über einige meteorologische Gegenstände; von F. C. Henrici. 503

III. Bodensenkung in der Algierei. 528

IV. Blitze ohne Donner, am 22. Juni 1845 in Wien; von W. Haidinger. 529

V. Ueber die Blitzschläge, welche am 10. Juli 1843 den Straſsburger Münster trafen; von A. Fargeaud. 544

VI. Die Gletscher des Kasbek; von Kholenati. 553

VII. Ueber die Zunahme der Temperatur in den Gruben der tertiären Salzablagerungen von Wieliczka und Bochnia; von L. Zeuschner. 578

VIII. Ueber die Zeiten des Aufthauens und Zufrierens einiger nordischen Gewässer; von G. G. Hällström. 586

IX. Erwiderung auf Hrn. Fischer's Replik; von C. F. Schönbein. 593

X. Zur Geschichte der Endosmose; von G. F. Parrot. . . . 595

XI. Notizen. — 1) Neue Volta'sche Combination, S. 597. — 2) Galvanische Reihe in Cyankaliumlösung, S. 597.

Nachweis zu den Kupfertafeln.

Taf. I. — Parrot, Fig. 1, S. 397; Fig. 2, S. 400; Fig. 3, S. 402; Fig. 4, S. 404; Fig. 5, S. 407; Fig. 6 und 7, S. 408; Fig. 8, S. 411; Fig. 9, S. 412. — Haidinger (Kreil), Fig. 10, S. 534. — Regnault, Fig. 11, S. 443; Fig. 12, S. 446; Fig. 13, S. 446; Fig. 14, S. 447; Fig. 15, S. 447. — Newton, Fig. 16, S. 462.

Taf. II. — Scheerer, Fig. 1 bis 5, S. 278; Fig. 6, S. 279; Fig. 7, 8 und 9, S. 280; Fig. 10, S. 282; Fig. 11, S. 283; Fig. 12, S. 288; Fig. 13 und 14, S. 289; Fig. 15, S. 290.

1845. ANNALEN *No.* 9.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXVI.

I. *Ueber die Bestimmung der Temperatur und Wärmeleitung fester Körper;* *von Chr. Langberg aus Christiania.*

So bedeutende Fortschritte auch die mathematische Theorie der Wärmeerscheinungen durch die analytischen Untersuchungen von Fourier, Poisson u. A. gemacht hat, so läfst sich doch nicht läugnen, dafs sie auf die Erweiterung unserer physikalischen Kenntnisse der Wärmephänomene nur einen beschränkten Einflufs gehabt haben, und nur wenige von den durch die mathematische Theorie angegebene Resultate sind durch Versuche nachgewiesen und bestätigt worden. Der Grund liegt wohl gröfstentheils in dem Mangel genauer Methoden, die Temperaturveränderungen fester Körper zu bestimmen, ohne sich dadurch zu viel von den Bedingungen der mathematischen Theorie zu entfernen.

So lehrt zum Beispiel die mathematische Analyse, dafs man eins der wichtigsten Elemente der Wärmeerscheinungen, nämlich das Leitungsvermögen fester Körper, dadurch bestimmen könne, dafs man das eine Ende einer sehr dünnen und langen, homogenen cylindrischen oder prismatischen Stange aus dem betreffenden Körper mit einer constanten Wärmequelle in Verbindung setzt, und die Temperatur dieser Stange in verschiedenen Abständen von dem erwärmten Ende beobachtet; die Ueberschüsse der beobachteten Temperaturen über die Temperatur der umgebenden Luft, nachdem ein Gleichgewicht der Temperatur eingetreten ist, nehmen dann in geometrischem Verhältnisse ab, wenn die Abstände der beobachteten Punkte um gleiche Unterschiede wachsen.

Zur Bestätigung dieses Gesetzes sind erst von Biot [1]), später von Despretz [2]) Versuche angestellt worden; besonders die letzteren — so weit sie bekannt gemacht sind — scheinen mir aber gerade das Entgegengesetzte zu zeigen von dem was sie beweisen sollen, da die Temperaturen in den meisten Fällen viel schneller abnehmen, als nach der geometrischen Progression der Fall seyn müfste, und die Unterschiede zwischen den berechneten und beobachteten Werthen zu constant sind, um als blofse Beobachtungsfehler angesehen werden zu können. Der Grund dieses Unterschiedes kann nun erstens darin liegen, dafs bei der mathematischen Herleitung des oben genannten Gesetzes, das Newton'sche Gesetz der Abkühlung zu Grunde gelegt wird, wonach die Geschwindigkeit der Abkühlung eines erwärmten Körpers dem Ueberschufs seiner Temperatur über die der Luft proportionirt ist, was nur bei sehr geringem Temperaturunterschiede annähernd richtig ist (und in den oben erwähnten Versuchen steigt dieser Unterschied auf 60° bis 70° C.); zweitens wird auch die Unveränderlichkeit der Wärmeleitungsfähigkeit bei verschiedenen Temperaturen vorausgesetzt, was gewifs nicht wahrscheinlich ist; ferner verlangt die Theorie, dafs die erwärmte Stange unendlich dünn sey, oder wenigstens so dünn, dafs die Temperatur in jedem Punkte eines normalen Querschnitts der Stange dieselbe sey.

Nun aber hat Despretz zu seinen Versuchen prismatische Stangen angewendet, deren quadratischer Querschnitt 21 Millimeter Breite hatte; in diese wurden an mehreren, 10 Millimeter von einander entfernten Stellen Löcher eingebohrt, von 6 Millimet. Durchmesser und 14 Millimet. Tiefe. Nachdem die Stange in horizontale Lage gebracht war, wurden diese Löcher mit Quecksil-

1) *Traité de physique*, *T. IV*, *p.* 670 u. f.

2) *Annales de chimie et de physique*, *T. XXXVI*, *p.* 422. — *Traité élémentaire de physique*, *p.* 210 u. f.

ber gefüllt, und in jedes die Kugel eines Thermometers gestellt, dessen Temperatur, nachdem sie stationär geworden war, als die Temperatur des durch den Mittelpunkt des Loches gehenden Querschnitts der Stange angenommen wurde. Da der Querschnitt der eingebohrten Vertiefungen nahe $\frac{1}{5}$ des ganzen Querschnitts der Stange betrug, hat man wohl auch Grund zu befürchten, dafs diese grofsen und häufigen Unterbrechungen der Continuität der Stangen nicht unwesentliche Störungen in der Bewegung und Vertheilung der Wärme hervorbringen konnten. Man sieht folglich, dafs die bei den Versuchen angewendete Methode nur höchst unvollkommen die von der Theorie gestellten Bedingungen erfüllte, und es bleibt daher noch unbestimmt, ob die beobachteten Abweichungen von dem theoretischen Gesetz nur einer fehlerhaften Beobachtungsmethode oder einem Mangel der Theorie zuzuschreiben seyen.

Die Wichtigkeit oben genannten Gesetzes, sowohl als Basis für die mathematische Theorie der Wärmeerscheinungen, als wegen seiner Anwendung für die Bestimmung der Leitungsfähigkeit fester Körper, schien mir grofs genug, um zu versuchen, ob man nicht eine Methode finden könnte, wodurch die oben angezeigten Uebelstände entfernt würden. Hierzu wäre also erforderlich, dafs man den Unterschied der Temperatur der Stange und der umgebenden Luft für so kleine Temperaturüberschüsse der ersteren, für welche das Newton'sche Gesetz der Abkühlung noch ganz genau ist, scharf bestimmen könnte, und zwar für beliebig kleine Durchmesser der Stangen, und ohne die Continuität derselben durch eingebohrte Vertiefungen zu unterbrechen. Die Thermosäule schien mir hierzu ein brauchbares Mittel darzubieten, und durch die Vorrichtungen, die in dem Folgenden beschrieben werden sollen, hoffe ich, dafs dieselbe zur Beobachtung der in den festen Körpern stattfindenden freien Wärme ein viel genaueres Mefswerkzeug

werden kann, als irgend einer der bisher angewandten Apparate.

Die Versuche, zu deren Beschreibung ich jetzt übergehe, wurden in dem physikalischen Cabinet des Hrn. Prof. Magnus angestellt, der die Güte hatte, mir die hiezu nöthigen Apparate anzuvertrauen, und dessen freundlicher Leitung der glückliche Erfolg dieser Untersuchungen gröfstentheils zugeschrieben werden kann.

Durch verschiedene Vorversuche hatte ich gefunden, dafs man immer dieselbe Ablenkung der Multiplicatornadel bekam, wenn das eine Ende einer aus wenigen Elementen bestehenden Thermosäule in gleichförmige Berührung mit einem Körper von constanter Temperatur gebracht und mit gleicher Kraft gegen denselben angedrückt wurde. Es dauerte jedesmal 2 bis 2½ Minuten ehe die Multiplicatornadel zur Ruhe kam, und die Berührung konnte dann beliebige Zeit verlängert werden, ohne dafs sich der Stand der Nadel merklich änderte. — Um die Berührung stets gleichförmig zu machen, was bei einer, aus mehreren Elementen bestehenden Säule immer sehr schwierig oder beinahe unausführbar ist, liefs ich mir eine nur aus zwei Elementen, Wismuth und Antimon, bestehende Säule verfertigen, die also an jedem Ende nur eine Löthstelle hatte. Die Enden waren facettenartig abgefeilt, so dafs jedes Ende eine rectangulaire Fläche von 1,7 Millimet. Länge und 0,7 Millimet. Breite darbot. Die Länge der ganzen Säule betrug 36,3 Millimeter, und die einzelnen Stäbchen waren sehr dünn, nämlich 1,7 Millimet. breit und 1,0 Millimet. dick.

Auf einem starken horizontalen, mit einer Eintheilung versehenen Brette waren drei Ständer befestigt, von welchen jeder an einem gabelförmigen Arm zwei verticale, einander gegenüberstehende und in feine Spitzen auslaufende Glasstäbchen trugen, zwischen welchen die zu untersuchenden Metallstäbe parallel dem eingetheilten horizontalen Brette, in einer Höhe von etwa 24 Centimet.

über demselben festgeklemmt wurden; ein vierter Ständer am Ende des Brettes diente dazu, das kalte Ende der Stange während der Versuche durch eine Zwingschraube unverrückt festzuhalten. Um eine für längere Zeit constante Wärmequelle zu erhalten, geschah die Erwärmung des einen Endes der Stange durch kochendes Wasser, und die Stange ging durch einen Kork, der in eine unter der Oberfläche des Wassers im Kochgefäfse angebrachte Oeffnung eingesteckt wurde.

Durch zwei doppelte polirte Messingschirme, die durch eine in ihrer Mitte angebrachte Oeffnung die Stange durchgehen liefsen, wurde die Thermosäule und der zu untersuchende Theil der Stange gegen die Strahlung der Wärmequelle geschützt. Das Stativ der Säule wurde auf einen Schlitten festgeschraubt, der sich längs dem eingetheilten horizontalen Brette und parallel der Metallstange verschieben liefs, wodurch der gegenseitige Abstand der verschiedenen Punkte der Stange, deren Temperatur beobachtet wurde, leicht und genau bestimmt werden konnte. Um die Thermosäule jedesmal mit derselben Kraft gegen die Stange anlegen zu können, war in dem lothrechten Stiel des Stativs eine Spiralfeder angebracht, welche die Säule in die Höhe hob und gegen die untere Seite der Stange andrückte; die Säule konnte ferner in gegen die Stange senkrechter Richtung derselben genähert oder von derselben entfernt werden.

Die Beobachtungen selbst wurden auf folgende Weise angestellt. Nachdem die Stange überall eine unveränderliche Temperatur angenommen hatte, was gewöhnlich erst nach Verlauf von $2\frac{1}{2}$ bis 3 Stunden geschah, wurde der Schlitten, worauf die Säule festgeschraubt war, gegen die Stange geschoben, bis das obere Ende der vertical gestellten Säule gerade unter die Stange kam; die Säule wurde dann durch die Spiralfeder des Stativs in die Höhe gehoben und gegen den zu untersuchenden Punkt der Stange gedrückt. Die Nadel des Multiplicators ward au-

genblicklich abgelenkt. Ich wartete bis sie nach Verlauf von etwa zwei Minuten zur Ruhe kam, und nach notirter Ablenkung wurde die Säule wieder von der Stange entfernt. Nach jeder Beobachtung wartete ich gewöhnlich etwa 4 Minuten ehe ich die Säule wieder in Berührung mit der Stange brachte, theils um die Nadel des Multiplicators wieder auf Null kommen zu lassen, theils um der möglicherweise durch die Berührung der Säule hervorgebrachten Störung des Temperaturgleichgewichts der Stange Zeit zur Ausgleichung zu geben. Dafs eine solche Störung jedenfalls sehr gering war, ward dadurch bewiesen, dafs mehrere unmittelbar nach einander an derselben Stelle gemachte Beobachtungen immer sehr nahe identische Resultate gaben, oder Differenzen, die innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler fielen. Selbst nach ein bis zwei Stunden fortgesetzten Beobachtungen war die vermöge einer Wärmeableitung durch die Säule hervorgebrachte Störung entweder ganz unmerklich oder äufserst gering, wenigstens wenn die Beobachtungen so angestellt wurden, dafs ich immer von einer weniger erwärmten Stelle zu einer mehr erwärmten überging, und nach der letzten Beobachtung an der wärmsten Stelle etwa eine Viertelstunde wartete, ehe ich wieder mit der Beobachtung des entferntesten Punktes anfing. Diese jedenfalls bei häufig und lange Zeit fortgesetzten Beobachtungen doch zu befürchtende Fehlerquelle konnte aber leicht dadurch entfernt werden, dafs man nur die ersten Ausschläge der Multiplicatornadel statt der Ablenkungen beobachtete, wodurch die Dauer der Berührung bis auf wenige, etwa 10 bis 12, Secunden vermindert wurde, und überhaupt viel Zeit erspart werden konnte.

Die Trägheit meiner Multiplicatornadel hat mich hauptsächlich bewogen bei meinen Versuchen nicht die Ausschläge, sondern die festen Ablenkungen der Nadel zu benutzen.

Was man bei diesen Versuchen unmittelbar beob-

achten will, ist der Ueberschufs der Temperatur der Stange über die der umgebenden Luft, welcher der Intensität des thermo-elektrischen Stromes proportionirt angenommen wird, wenn das eine Ende der Säule die Temperatur der Stange, das andere Ende die der Luft hat. Nun könnte man aber gegen die Genauigkeit der Methode einwenden, es wäre zu befürchten, dafs die von der Stange während der Berührung abgeleitete Wärme sich nach und nach zu dem anderen Ende der Säule fortpflanzte und die Temperatur dieses Endes erhöhte, wodurch die beobachteten Temperaturunterschiede zu gering ausfallen müfsten. Nachstehende Beobachtungsreihen zeigen aber, dafs die Nadel ihren Stand im Verlauf von mehr als einer halben Stunde nicht im Geringsten veränderte, obschon die Säule während der ganzen Zeit in fortwährender Berührung mit der Stange war.

1.

Uhr.	Ablenkung.
1h 34′	19°,4
36	18 ,9
38	18 ,7
39	18 ,8
40	18 ,9
41	18 ,8
43	19 ,0
53	19 ,5
56	19 ,3

2.

Uhr.	Ablenkung.
3h 18′	18°,7
22	18 ,7
24	18 ,6
25	18 ,6
27	18 ,5
28	18 ,6
33	18 ,7
36	18 ,7
44	18 ,7
50	18 ,8
52	18 ,7

In der ersten dieser beiden Reihen hat die Ablenkung anfangs etwas abgenommen, aber nur um wieder auf ihre erste Gröfse zurückzukommen, und die kleinen Schwankungen der Nadel haben also nur ihren Grund in der durch Schwankungen der Lufttemperatur hervorgebrachten Veränderung der Temperatur der Stange. In der zweiten Reihe hat die Nadel drei Viertelstunden lang ihren Stand ganz unverändert behalten.

Der mir zu Gebote stehende Multiplicator war etwas

träge, die Zeit einer Doppelschwingung des Nadelsystems war 26″,4. Er wurde, nach Melloni's Methode, mittelst der Thermosäule graduirt, und es ergab sich, dafs schon bei Ablenkungen, die 6 Grad überschritten, die Intensität des elektrischen Stromes nicht mehr den Ablenkungen proportionirt waren, während bei den Melloni'schen Multiplicatoren diese Proportionalität sich beiläufig bis 20° erstreckt. Bei der Graduirung des Multiplicators sowohl als bei den späteren Versuchen zeigte sich ein Uebelstand, dessen wahren Grund nebst Mittel zu seiner Beseitigung ich vergebens gesucht habe. Die Nadel des Multiplicators veränderte nämlich fortwährend ihren Stand, so dafs, wenn sie bei dem Anfang der Beobachtungen genau auf Null eingestellt war, sie nach beendigten Versuchen bald rechts, bald links vom Nullpunkt zur Ruhe kam, und von einem Tag bis zum andern oft eine Abweichung von mehreren Graden zeigte. Ich vermuthete sogleich, dafs die in den umschliefsenden Glascylinder möglicherweise stattfindenden Luftströmungen die Hauptursache dieser Bewegungen seyen, und liefs daher die Nadel so viel wie möglich luftdicht einschliefsen, ohne dafs aber die Bewegungen dadurch merklich verringert wurden. Stand der Zeiger rechts vom Nullpunkt und legte ich die Hand auf die rechte Seite des umschliefsenden Glascylinders, so wanderte die Nadel nach Verlauf von wenigen Secunden nach der linken Seite, und konnte auf diese Weise oft bis zu einer Abweichung von 4 bis 6 Graden links gebracht werden. Nahm ich die Hand wieder weg, so ging die Nadel nach einiger Zeit wieder auf ihre frühere Stelle rechts vom Nullpunkt zurück. Aehnliche Erscheinungen fanden statt, wenn der Zeiger ursprünglich links vom Nullpunkt stand und ich die Hand auf die linke Seite des Glascylinders legte. Dagegen habe ich mehrmals, statt die Hand auf den Glascylinder zu legen, diesen mittelst der Flamme einer Spirituslampe erwärmt, ohne dafs dadurch ein merklicher

Rückgang der Nadel bewirkt wurde, wenigstens nicht so grofs wie bei der Auflegung der Hand. Die durch die Hand bewirkte Erwärmung des Glases scheint also nicht diè Ursache der erwähnten Erscheinung zu seyn; eben so wenig ist sie in dem das Multiplicatorgewinde bildenden Kupferdraht zu suchen, da ein gewöhnlich vorkommender magnetischer Zustand einzelner Theile desselben zu einer Störung ganz anderer Art Anlafs giebt. Ich habe mich übrigens durch specielle Versuche überzeugt, dafs mein Multiplicatorgewinde keinen störenden Einflufs dieser Art ausübte.

Die durch Temperaturveränderungen hervorgebrachte ungleiche Ausdehnung des Messingständers, an dem der das Nadelsystem tragende einfache Coconfaden befestigt war, bewirkte auch häufig eine Excentricität des Zeigers, die eine mitwirkende Ursache zu diesen Wanderungen der Nadel seyn möchte.

Obschon ich sowohl bei der Graduirung des Multiplicators, als bei den folgenden Versuchen immer sorgfältig den Stand der Nadel controlirt habe, macht doch diese Unruhe derselben in Verbindung mit dem Umstand, dafs die zur Graduirung gebrauchten Argand'schen Lampen nur für kurze Zeit eine ganz constante Wärmestrahlung darboten, dafs ich die Genauigkeit der nachstehenden Intensitätstafel nur bis auf ein oder höchstens zwei Zehntelgraden verbürgen kann.

Tafel des Verhältnisses zwischen der Intensität des elektrischen Stromes und den entsprechenden Ablenkungen der Nadel meines Multiplicators.

Ablenk.	Kraft.	Diff.	Ablenk.	Kraft.	Diff.	Ablenk.	Kraft.	Diff.
1°	1,0		7°	7,1		13°	14,2	
2	2,0	1,0	8	8,2	1,1	14	15,5	1,3
3	3,0	1,0	9	9,4	1,2	15	16,8	1,3
4	4,0	1,0	10	10,6	1,2	16	18,1	1,3
5	5,0	1,0	11	11,8	1,2	17	19,4	1,3
6	6,0	1,0	12	13,0	1,2	18	20,7	1,3
7	7,1	1,1	13	14,2	1,2	19	22,0	1,3

Ablenk.	Kraft.	Diff.	Ablenk.	Kraft.	Diff.	Ablenk.	Kraft.	Diff.
19°	22,0	1,4	27°	33,7	1,7	35°	51,0	2,8
20	23,4	1,4	28	35,4	1,8	36	53,8	3,0
21	24,8	1,4	29	37,2	1,9	37	56,8	3,2
22	26,2	1,4	30	39,1	2,0	38	60,0	3,3
23	27,6	1,4	31	41,1	2,1	39	63,3	3,4
24	29,0	1,5	32	43,2	2,4	40	66,7	3,5
25	30,5	1,6	33	45,6	2,7	41	70,2	3,6
26	32,1	1,6	34	48,3	2,7	42	73,8	
27	33,7		35	51,0				

Weiter als bis 42° habe ich die Graduirung nicht fortgesetzt, weil ich überhaupt nur kleine Temperaturunterschiede zu messen beabsichtigte, und weil die Kräfte bei gröfseren Ablenkungen so schnell zunehmen, dafs die unvermeidlichen Beobachtungsfehler auf die Genauigkeit der Versuche einen zu grofsen Einflufs haben würden. Wo ich gröfsere Temperaturunterschiede zu messen wünschte, habe ich vorgezogen eine Widerstandsrolle in die Kette einzuschalten, um dadurch die Ablenkungen der Nadel innerhalb der Gränzen der Tafel zu bringen.

Ehe ich zur Discussion der eigentlichen Versuche übergehe, wird es gut seyn sich eine vorläufige Idee zu bilden von dem Grade der Genauigkeit, die bei dieser Art von Versuchen überhaupt zu erreichen ist, oder von der Gröfse des Beobachtungsfehlers, der bei den von mir angestellten Versuchen befürchtet werden mufs.

1) So eben habe ich gesagt, dafs ich die Genauigkeit der Intensitätstafel nur bis etwa ein Zehntelgrad verbürgen kann.

2) Der Multiplicator ist nur in ganze Grade eingetheilt, und obwohl die Ablesungen mittelst einer Lupe gemacht wurden, kann doch der Fehler einer einzelnen Ablesung auf 0,1 bis 0,2 Grade geschätzt werden.

3) Die früher besprochenen Veränderungen in dem Stande des Nullpunkts der Nadel lassen auch immer einen Fehler von etwa 0,1 Grad befürchten.

Den durch diese drei, hauptsächlich in Unvollkom-

menheiten meines Multiplicators liegenden Fehlerquellen (die also gegen die Brauchbarkeit der Methode im Allgemeinen nichts beweisen können), zusammen hervorgebrachten etwaigen Fehler einer einzelnen Beobachtung schätze ich daher auf 0,4 bis 0,5 Grad.

4) Die gröfste Unsicherheit in den erhaltenen Resultaten entsteht aber durch die Schwankungen der Temperatur der Luft im Zimmer, und die durch die stetigen Luftströmungen hervorgebrachte partielle Erwärmung und Erkältung einzelner Stellen der bei den Versuchen angewandten Metallstangen; ein Uebelstand, der besonders bei Beobachtung sehr kleiner Unterschiede zwischen der Temperatur der Stange und der der Luft, und bei dem geringen Durchmesser der ersteren von grofsem Einflufs ist. — Die Gröfse des hiedurch hervorgebrachten Unterschiedes zwischen zweien Beobachtungen an derselben Stelle ist natürlich von der Veränderlichkeit der Lufttemperatur abhängig; selten übersteigt er jedoch einen Grad, wenn nicht die Umstände so ungünstig waren, dafs überhaupt die ganze Beobachtungsreihe verworfen werden mufste. Durch Vervielfältigung der Beobachtungen kann indessen diese Fehlerquelle ziemlich eliminirt werden, und der hieraus entspringende Fehler in den später mitzutheilenden Versuchen mag wohl höchstens 0°,5 betragen [1]).

So lange also die Unterschiede zwischen den beobachteten und berechneten Werthen des Temperaturüber-

1) Melloni sagt (*Annales de chim. et de phys.*, *LIII*, *p.* 29) von dem Grade der Genauigkeit, die bei Beobachtungen mit der Thermosäule über die strahlende Wärme erreicht wurde, dafs bei seinen Versuchen die Unterschiede zwischen verschiedenen Beobachtungen derselben Wärmestrahlung oft Null waren, bisweilen 0°,5, und nie über einen Grad. Also scheint der zu befürchtende Fehler einer einzelnen Beobachtung bei meinen Versuchen nicht viel gröfser zu seyn als bei Beobachtungen über die strahlende Wärme.

schusses der Stange nicht einen bis anderthalb Grad übersteigen, kann daraus noch nichts gegen die Richtigkeit der Theorie gefolgert werden.

Eine Aenderung von einem Grad in der Ablenkung entspricht aber einem verschiedenen Intensitätsunterschied je nach der Gröfse der Ablenkung. Zwischen 0° und 20° zeigt im Mittel 1° Unterschied in der Ablenkung eine Veränderung der Intensität von 1,17, zwischen 20° und 30° von 1,71, und zwischen 30° und 40° von 2,76. Durch Versuche, die später angegeben werden, habe ich gefunden, dafs bei meiner Säule und meinem Multiplicator ein Unterschied in der Intensität des thermo-elektrischen Stromes gleich 1 einem Temperaturunterschied von 0°,133 C. entspricht. Der zu befürchtende Beobachtungsfehler wird also, selbst bei den gröfsten Ablenkungen, nicht etwa 0°,4 C. übersteigen. In der That hat er auch nie, selbst unter den ungünstigsten Umständen diese Gränze erreicht.

Die Metalle, die ich zu meinen Versuchen angewendet habe, sind Kupfer, Stahl, Zinn und Blei; sie waren alle zu cylindrischen Drähten oder dünnen Stäben ausgezogen, und ihre Länge so grofs, dafs selbst in der Mitte des Stabes kein Einflufs der Wärmequelle mehr zu spüren war; nur bei dem besser leitenden Kupferdraht war eine Erwärmung bis gegen das Ende hin zu bemerken. Da mein Zweck bei diesen Versuchen mehr die Bestätigung des analytischen Gesetzes und die Prüfung der Methode des Experiments, als die Bestimmung der Leitungsfähigkeiten der angewendeten Substanzen war, so liefs ich den Stäben ihre metallische Oberfläche; bei den drei erstgenannten Metallen blieb die Oberfläche während der Versuche ziemlich rein und blank; allein der Bleidraht hatte sich bald mit einem Oxydhäutchen überzogen, das nach jeder Erwärmung dicker wurde.

Versuche mit dem Kupferdraht.

Durchmesser des Drahtes $=5,87$ Millimeter. Länge des Drahtes $=1,42$ Meter.

I.

Mittlere Temperatur der Luft $+19^\circ,78$ C.

x	Ablenkung.	Kraft beobacht.	Kraft berechn.	Δ
4	26°,95	33,62	33,95	−0,33
6	21 ,3	25,22	24,78	+0,44
8	16 ,1	18,23	18,08	+0,15
10	12 ,1	13,12	13,19	−0,17
12	8 ,9	9,28	9,63	−0,35
14	7 ,1	7,21	7,03	+0,18

Bezeichnet man die mit dem Temperaturüberschufs proportionale Stromstärke durch i, und durch x die von einem beliebigen Anfangspunkte gerechneten Abscissen, positiv von dem wärmeren gegen das kältere Ende der Stange, bedeutet ferner ω den normalen Querschnitt des Stabes oder Drahtes, ε den Perimeter dieses Querschnittes, k die innere, p die äufsere Wärmeleitungsfähigkeit des Körpers, den man untersuchen will, und setzt man

$$\frac{\varepsilon p}{\omega k}=g^2,$$

so ist bekanntlich der analytische Ausdruck für die Wärmevertheilung:

$$i=a.10^{\frac{g}{m}.x} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (A)$$

wenn $m=2.302585$ der Modulus der natürlichen Logarithmen ist. Aus dieser Gleichung findet man:

$$\log i=\log a-\frac{g}{m}x \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (B)$$

Die obigen Beobachtungen geben:

$$\log i=1,80450-0,06842\,x.$$

Die Einheit der Abscissen in dieser und in allen folgenden Versuchsreihen ist gleich 40 Millimeter.

Die mit diesen Werthen der Constanten berechneten Werthe von i stimmen, wie man sieht, sehr gut mit den beobachteten, da der gröfste Unterschied beider nur

0,4 oder 0°,06 C. beträgt. Bei so kleinem Temperaturüberschusse, wie in dieser Versuchsreihe, wo der gröfste Ueberschufs nicht über 4°,5 C. steigt, scheint also das Gesetz der geometrischen Progression ganz genau zu seyn.

II.

Mittlere Lufttemperatur 19°,54.

x	Ablenkung.	i beobacht.	i berechn.	Δ
4	25°,97	32,05	32,60	−0,55
6	19 ,70	22,48	22,57	−0,09
8	14 ,15	15,70	15,63	+0,07
10	10 ,45	11,14	11,07	+0,07
12	7 ,55	7,71	7,66	+0,05
14	4 ,97	4,97	5,31	−0,34

$$\log i = 1{,}83275 - 0{,}07987\, x.$$

Auch hier findet eine fast vollständige Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Temperaturüberschüssen statt.

III.

Mittlere Lufttemperatur 12°,63.

x	Ablenkung.	i beobacht.	i berechn.	Δ
0	41°,97	70,60	70,35	+0,25
2	33 ,60	47,22	47,54	−0,32
3	29 ,93	38,97	39,08	−0,11
6	18 ,95	21,93	21,70	+0,23
9	11 ,17	12,00	12,06	−0,06

$$\log i = 1{,}84727 - 0{,}08512\, x.$$

IV.

Mittlere Lufttemperatur 19°,41.

x	Ablenkung.	i beobacht.	i berechn.	Δ
0	41°,03	70,55	70,52	+0,03
1	38 ,07	60,23	59,73	+0,50
2	34 ,67	50,11	50,59	−0,48
6	21 ,87	26,02	26,04	−0,02
9	14 ,27	15,85	15,82	+0,03

$$\log i = 1{,}84833 - 0{,}07212\, x.$$

V.

Mittlere Lufttemperatur 16°,25.

x	Ablenkung.	i beobacht.	i berechn.	Δ
0	42°,18	74,45	73,94	+0,51
6	21 ,37	25,32	25,70	−0,38
9	13 ,75	15,18	15,15	+0,03
12	8 ,65	8,98	8,93	+0,05

$$\log i = 1{,}86890 - 0{,}07651\, x.$$

Da der Unterschied zwischen den beobachteten und berechneten Werthen von i in keiner von diesen fünf Versuchsreihen über 0,5 beträgt oder 0°,07 C., so scheint dadurch das Gesetz der Wärmevertheilung, wenigstens für Temperaturüberschüsse, die 70,0 oder beiläufig 10° C. nicht übersteigen, in Bezug auf Kupfer völlig bestätigt. Um zu sehen, ob dieses auch für etwas höhere Temperaturen der Fall sey, habe ich in die Thermokette eine Widerstandsrolle, bestehend aus einen sehr dünnen, 25 Fufs langen Kupferdraht, eingeschaltet. Der Widerstand dieser Rolle ist aus mehreren Versuchen gleich 4,922 gefunden, wenn der Widerstand der Säule und des Multiplicators ohne Rolle gleich Eins ist; also verhält sich die Stromstärke, wenn kein Widerstand eingeschaltet ist, zu der Stromstärke im entgegengesetzten Falle wie $1+4{,}922 : 1$, oder sie ist 5,922 Mal so grofs. Auf diese Weise wurden folgende zwei Versuchsreihen angestellt:

VI.

Mittlere Lufttemperatur 19°,60.

x	Ablenkung.	i beobacht.	i berechn.	Δ
0	22°,71	27,19	27,58	−0,39
2	16 ,97	19,26	19,28	−0,02
3	10 ,93	11,72	11,26	+0,46
6	6 ,38	6,42	6,58	−0,16

$$\log i = 1{,}51841 - 0{,}07780\, x.$$

Der Anfangspunkt der Abscissen in den früheren Beobachtungen entspricht der Abscisse $x=3$ in dieser und der folgenden Versuchsreihe.

VII.

Mittlere Lufttemperatur 20°,75,

x	Ablenkung.	i beobacht.	i berechn.	Δ
0	22°,56	27,07	27,33	—0,26
2	16 ,55	18,72	18,81	—0,09
3	10 ,44	11,13	10,75	+0,36
6	6 ,01	6,01	6,14	—0,13

$$\log i = 1{,}51772 - 0{,}08109\, x.$$

Die Unterschiede zwischen den beobachteten und berechneten Werthen von i sind auch in diesen beiden Reihen so klein, dafs kein Zweifel über die Richtigkeit des Gesetzes stattfinden kann; auch ist das logarithmische Decrement oder der Exponent der geometrischen Progression derselbe wie früher.

Nimmt man an, dafs dasselbe Gesetz auch für höhere Temperaturen gültig sey, so kann man dadurch die Temperatur des erwärmten Endes des Kupferdrahts in Multiplicator-Einheiten bestimmen, und damit das Verhältnifs zwischen der Stromstärke und den Thermometergraden finden. Der Draht ging durch einen Kork, der in ein nahe an dem Boden des Kochgefäfses angebrachtes kurzes Ansatzrohr pafste, in das siedende Wasser hinein; ich habe die Mitte dieses Korkes, oder das äufsere Ende des Ansatzrohrs, als den Punkt betrachtet, wo der Kupferdraht noch die Temperatur des Wassers hatte; der Abstand dieses Punktes von dem Anfangspunkt der Abscissen war gleich —6,15. Man findet folglich für den Temperaturüberschufs dieses Punktes in Multiplicator-Einheiten nach Versuch VI:

$$i = 99{,}78.$$

Der Ueberschufs der Temperatur des Wassers über die der Luft ist gleich $100° - 19°{,}60 = 80°{,}4$. Also entspricht 1 Grad C. $\frac{99{,}78}{80{,}4} = 1{,}235$ Einheiten des Multiplicators. Auf dieselbe Weise findet man aus Versuch VII 1° C. gleich 1,311 Multiplicator-Einheiten. Als Mittel aus beiden Bestimmungen habe ich daher angenommen, dafs

dafs 1° der hunderttheiligen Scala 1,273 Multiplicator-Einheiten entspricht, wenn die Widerstandsrolle in die Kette eingeschaltet ist. Da die Stromstärke ohne Widerstandsrolle 5,922 Mal gröfser ist, als mit derselben, so kann man annehmen, dafs 1° C. im ersteren Fall 7,537 Multiplicator-Einheiten, oder dafs 1° des Multiplicators von Null an gerechnet 0°,133 des hunderttheiligen Thermometers entspricht.

Versuche mit der Zinnstange.

Durchmesser der Stange =9,28 Millimeter. Länge derselben =1,66 Meter.

I.

Mittlere Lufttemperatur 17°,03.

x	Ablenkung	i beobacht.	i berechn.	Δ
4	19°,70	22,98	22,26	+0,72
5	14 ,85	16,61	16,60	+0,01
6	11 ,30	12,16	12,37	−0,21
8	6 ,55	6,61	6,87	−0,26
9	5 ,10	5,10	5,12	−0,02
10	3 ,77	3,77	3,82	−0,05
11	2 ,97	2,97	2,85	+0,12

$$\log i = 1{,}47517 - 0{,}12758\, x.$$

II.

Mittlere Lufttemperatur 16°,31.

x	Ablenkung.	i beobacht.	i berechn.	Δ
1	36°,37	54,91	53,67	+1,24
4	18 ,90	21,87	21,99	−0,12
6	11 ,27	12,12	12,14	−0,02
8	6 ,27	6,30	6,69	−0,39
11	2 ,87	2,87	2,74	+0,13

$$\log i = 1{,}85885 - 0{,}12914\, x.$$

III.

Mittlere Lufttemperatur 16°,46.

x	Ablenkung.	i beobacht.	i berechn.	Δ
− 2,75	25°,40 ([1])	184,41	164,73	+19,68
+ 1	36 ,17	54,31	53,31	+ 1,00
4	19 ,3	22,42	22,02	+ 0,40
6	11 ,0	11,80	12,22	− 0,42
8	6 ,5	6,55	6,78	− 0,23
11	2 ,9	2,90	2,80	+ 0,10

$\log i = 1{,}85481 - 0{,}12798\,x.$

IV.

Mittlere Lufttemperatur 16°,08.

x	Ablenkung.	i beobacht.	i berechn.	Δ
− 2	21°,05 ([2])	147,22	139,16	+8,06
+ 1	36 ,12	54,16	54,49	−0,33
4	18 ,90	21,87	21,34	+0,53
6	10 ,45	11,14	11,42	−0,28
8	6 ,13	6,14	6,11	+0,03
11	2 ,4	2,40	2,39	+0,01

$\log i = 1{,}87199 - 0{,}13571\,x.$

V.

Mittlere Lufttemperatur 17°,11.

x	Ablenkung.	i beobacht.	i berechn.	Δ
1	36°,95	56,65	55,52	+1,13
4	18 ,7	21,61	21,94	−0,33
5	14 ,7	16,41	16,09	+0,32
6	10 ,6	11,32	11,81	−0,49
8	6 ,4	6,44	6,36	+0,08
9	5 ,0	5,00	4,67	+0,33
10	3 ,5	3,50	3,42	+0,08
11	2 ,35	2,35	2,51	−0,16

$\log i = 1{,}87893 - 0{,}13445\,x.$

Man sieht, dafs auch für die Zinnstange die Temperaturüberschüsse, bei kleinen Werthen derselben, genau dem Gesetz der geometrischen Progression folgen. Allein für

1) Mittelst Einschaltung der Widerstandsrolle beobachtet.

2) Mit Widerstandsrolle.

Temperaturüberschüsse, die mehr als etwa 30 Multiplicator-Einheiten oder beiläufig 4° C. betragen, scheint dieſs nicht mehr der Fall zu seyn, da die berechneten Werthe von *i* stets kleiner sind als die beobachteten. Den Grund dieses Unterschiedes wollen wir später untersuchen bei der Discussion der Versuche mit den Blei- und Stahldrähten, wo diese Abweichungen in noch gröſserem Maaſse hervortreten.

Versuche mit der Bleistange.

Durchmesser des Drahtes = 9,41 Millimeter. Länge desselben = 1,66 Meter.

I.

Mittlere Lufttemperatur 18°,97.

x	Ablenkung.	i beobacht.	i berechn.	Δ
10	2°,57	2,57	2,61	− 0,04
8	4 ,37	4,37	4,26	+ 0,11
7	5 ,45	5,45	5,43	+ 0,02
6	6 ,75	6,83	6,94	− 0,11
5	9 ,43	9,92	8,87	+ 1,05
4	12 ,35	13,42	11,32	+ 2,10
3	16 ,67	18,97	14,46	+ 4,51
0	38 ,27	60,89	30,14	+30,75

Aus den ersten vier Beobachtungen ist abgeleitet:

$$\log i = 1{,}47909 - 0{,}10629\,x,$$

wodurch die Beobachtungen bis einen Temperaturüberschuſs von etwa 7 Einheiten genau ausgedrückt werden; allein für gröſsere Temperaturunterschiede giebt die Formel immer zu kleine Werthe, und die fortschreitende Gröſse der Unterschiede zwischen den beobachteten und berechneten Werthen von *i* setzt es auſser Zweifel, daſs das einfache Gesetz der geometrischen Progression hier nicht länger gültig ist. Dasselbe Resultat geht aus den folgenden zwei Beobachtungsreihen ebenfalls deutlich hervor.

II.

Mittlere Lufttemperatur 19°,82.

x	Ablenkung.	i		Δ
		beobacht.	berechn.	
10	2°,9	2,90	2,96	— 0,06
8	4 ,78	4,78	4,51	+ 0,27
7	5 ,43	5,43	5,56	— 0,13
6	6 ,70	6,77	6,85	— 0,08
5	9 ,07	9,48	8,44	+ 1,04
4	12 ,15	13,18	10,41	+ 2,77
3	16 ,90	19,27	12,83	+ 6,44
0	37 ,73	59,14	24,01	+35,13

$$\log i = 1{,}38041 - 0{,}09079\,x.$$

III.

Mittlere Lufttemperatur 22°,80.

x	Ablenkung.	i		Δ
		beobacht.	berechn.	
10	1°,97	1,97	1,92	+ 0,05
8	3 ,12	3,12	3,24	— 0,12
7	4 ,07	4,07	4,21	— 0,14
6	5 ,70	5,70	5,46	+ 0,24
5	6 ,81	6,89	7,09	— 0,20
4	9 ,68	10,40	9,22	+ 1,18
3	14 ,03	15,54	11,97	+ 3,57
0	34 ,37	49,30	26,23	+23,07

$$\log i = 1{,}41882 - 0{,}11359\,x.$$

Der Grund dieser Abweichung ist schwerlich in den Dimensionen des Bleidrahts zu suchen; denn erstens war dessen Länge so grofs, dafs selbst in der Mitte keine Spur von Erwärmung zu bemerken war; ja die Säule gab sogar bei Berührung mit dem von der Wärmequelle entfernten Ende des Drahts einen kleinen negativen Ausschlag, weil die Temperatur des Zimmers gewöhnlich vor den Versuchen im Steigen war, und das unerwärmte Ende des Drahts nicht sogleich den Aenderungen der Lufttemperatur folgen konnte, sondern immer hinter denselben zurückblieb; zweitens war auch der Durchmesser des Drahts so gering, dafs man wohl selbst bei den schlechter leitenden Metallen annehmen kann, dafs ein normaler Querschnitt des Drahts überall dieselbe Temperatur hatte;

wenigstens habe ich beobachtet, dafs wenn die Thermosäule mit der unteren Seite des Drahts in Berührung war, und ich den Finger auf die obere Seite legte, die Multiplicatornadel schon nach ein Paar Secunden abgelenkt wurde. Es bleibt also nur übrig anzunehmen, dafs die Wärmeleitungsfähigkeit der untersuchten Metalle nicht von der Temperatur unabhängig sind, wie bei der Herleitung der Formel (A) vorausgesetzt ist, sondern dafs die von der Temperatur abhängigen Variationen der Gröfsen p und q, selbst bei so kleinen Temperaturüberschüssen wie in den letzten Versuchsreihen, noch von erheblichem Einflufs sind.

Wenn wir aber p und q als Functionen von i betrachten, so läfst sich leider die Differentialgleichung, welche das Verhältnifs zwischen i und x ausdrückt, nicht mehr unter endlicher Form integriren; nur in dem Fall, dafs die Temperaturüberschüsse klein sind, hat Poisson gezeigt, wie man annähernd die Gleichung für die constante Wärmevertheilung in der Stange finden kann [1]).

Nimmt man an, dafs die Werthe von k und p nach Potenzen von i entwickelt worden sind, läfst aber die Glieder die das Quadrat und höhere Potenzen von i enthalten, aufser Betracht, so kann man setzen statt k und p:

$$k+nki \text{ und } p+\gamma pi;$$

man bekommt dann die Gleichung für die constante Wärmevertheilung in der Stange:

$$i=\left[1-\frac{\Theta}{3}(\gamma-2n)\right]\Theta.10^{-\frac{g}{m}x}+\frac{\Theta^2}{3}(\gamma-2n)\,10^{-\frac{2g}{m}x} \quad \ldots . (C)$$

wo Θ den Temperaturüberschufs der Stange für die Abscisse $x=0$, m den Modulus der natürlichen Logarithmen bedeutet, und wie oben

$$g^2=\frac{\varepsilon p}{\omega k}.$$

1) *Théorie mathématique de la chaleur*, §. 125, *p*. 254.

Berechnet man nach dieser Formel meine oben angeführten Versuche mit dem Bleidrahte, so findet man im Allgemeinen eine sehr gute Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Temperaturen, da der Unterschied beider nie die Gränze der möglichen Beobachtungsfehler überschreitet. — Mittelst der Methode der kleinsten Quadrate findet man aus der ersten Versuchsreihe die wahrscheinlichsten Werthe der Constanten g, Θ und $(\gamma - 2n)$:

$$\frac{g}{m} = 0{,}112063$$
$$\gamma - 2n = 0{,}028437$$
$$\Theta = 60{,}8207.$$

x	i		Δ
	beobacht.	berechn.	
0	60,89	60,82	+0,07
3	18,97	19,33	−0,36
4	13,42	13,63	−0,21
5	9,92	9,74	+0,18
6	6,83	7,06	−0,23
7	5,45	5,18	+0,27
8	4,37	3,83	+0,54
10	2,57	2,15	+0,42

Auf dieselbe Weise findet man aus der zweiten Versuchsreihe die wahrscheinlichsten Werthe:

$$\frac{g}{m} = 0{,}110905$$
$$\gamma - 2n = 0{,}030282$$
$$\Theta = 59{,}6104.$$

x	i		Δ
	beobacht.	berechn.	
0	59,14	59,61	−0,47
3	19,27	18,79	+0,48
4	13,18	13,20	−0,02
5	9,48	9,41	+0,07
6	6.77	6,81	−0,04
7	5,43	4,98	+0,55
8	4,78	3,68	+1,10
10	2,90	2,06	+0,84

Die dritte Versuchsreihe giebt:

$$\frac{g}{m} = 0{,}10357$$
$$\gamma - 2n = 0{,}04388$$
$$\Theta = 49{,}28576.$$

x	i beobacht.	i berechn.	Δ
0	49,30	49,29	+0,01
3	15,54	15,22	+0,32
4	10,40	10,57	−0,17
5	6,89	7,45	−0,56
6	5,70	5,32	+0,38
7	4,07	3,85	+0,22
8	3,12	2,82	+0,30
10	1,97	1,57	+0,40

Die dritte dieser Versuchsreihen wurde erst 14 Tage nach der ersten angestellt, und die Bleistange hatte sich inzwischen mit einer starken Oxydschicht überzogen; diefs mag vielleicht der Grund seyn, dafs die Werthe von g etwas kleiner, die Werthe von $\gamma - 2n$ dagegen gröfser geworden sind, als im ersten Versuche. Man sieht jedoch, dafs der Mittelwerth von $\frac{g}{m}$ nach der Formel (C), nämlich 0,1088, nur wenig verschieden ist von dem nach der einfachen geometrischen Progression der Temperaturüberschüsse aus den kleinsten beobachteten Temperaturen abgeleiteten Mittelwerth von $\frac{g}{m} = 0{,}1036$.

Obschon der höchste in diesen drei Versuchsreihen beobachtete Temperaturüberschufs noch zu klein ist, als dafs man hoffen könnte daraus die Temperatur der Wärmequelle einigermafsen genau zu berechnen, besonders weil die Abscisse des Punktes, wo die Stange noch die Temperatur des siedenden Wassers hat, bei der Einrichtung meines Apparats schwer zu bestimmen ist, und man auch den Einflufs der Doppelschirme, durch welche die Stange geht, auf deren Abkühlung in der Nähe der Wärmequelle nicht kennt, so wird doch die Vergleichung die-

ser berechneten Temperatur mit dem beobachteten Unterschied zwischen der Temperatur des siedenden Wassers und der umgebenden Luft ein Mittel geben, zu sehen, ob die der Formel (C) zu Grunde gelegte Variation der Gröfsen k und p auch für höhere Temperaturen eine hinreichende Annäherung gewähre. Die Abscisse des äufsersten Endes des Korkes, durch welchen die Stange in das Kochgefäfs ging, war in allen drei Versuchsreihen gleich $-5{,}2$; man findet also für den Temperaturüberschufs dieses Punktes nach I. $i = 611{,}78$, oder weil 1° C. gleichwerthig ist mit 7,537 Multiplicator-Einheiten, so ist dieser Ueberschufs in Thermometergraden gleich:

$$\frac{611{,}78}{7{,}537} = 81^{\circ}{,}17 \text{ C.}$$

Die mittlere Lufttemperatur in dieser Versuchsreihe war 18°,97, also der wirkliche Ueberschufs 100° — 18°,97 = 81°,03, was von dem berechneten nur um 0°,14 verschieden ist.

Eben so findet man aus der zweiten Versuchsreihe für $x = -5{,}2$, $i = 600{,}22$:

$$\frac{600{,}22}{7{,}537} = 79^{\circ}{,}64 \text{ C.},$$

während der beobachtete Ueberschufs gleich 80°,18 war; der Unterschied beider ist also auch hier sehr gering, nämlich nur 0°,54.

Mit dem, aus der dritten Versuchsreihe gefundenen Werthe der Constanten berechnet, wird dieser Ueberschufs freilich viel zu klein gefunden, aber in dieser Reihe ist offenbar in der Nähe der Wärmequelle eine Störung der Temperatur eingetreten, die den beobachteten Werth von Θ erniedrigt hat, ohne auf das Gesetz der Wärmevertheilung in dem Theil der Stange, wo die Beobachtungen geschahen, einen erheblichen Einflufs gehabt zu haben. In der ersten und zweiten Reihe hat nämlich ein Unterschied in der Lufttemperatur von 0°,85 den Werth von Θ um $60{,}82 - 59{,}61 = 1{,}21$ verändert;

der Unterschied der Lufttemperatur in der zweiten und dritten Reihe gleich 2°,98 würde nach demselben Verhältnifs den Werth von Θ in III. um 4,21 erniedrigt haben. Also müfste man etwa 55,5 statt 49,3 beobachtet haben, wenn keine Störung stattgefunden hätte. Dieser Werth von Θ giebt aber mit den oben gefundenen Werthen von $\frac{g}{m}$ und $y-2n$ für die Abscisse $x=-5,2$ $i=574,18$ oder 76°,18 C., was nur um einen Grad von dem beobachteten Temperaturüberschufs 77°,2 verschieden ist.

Bis zu Temperaturdifferenzen von etwa 80° C. scheint also die Formel (C) hinreichende Annäherung zu gewähren.

Versuche mit der Stahlstange.

Der angewandte Stahldraht hatte einen Durchmesser gleich 5,98 Millim., und eine Länge von 1,23 Meter. Die Versuche mit diesem Drahte führen zu demselben Resultate wie die früheren mit Zinn und Blei, nämlich dafs die Abnahme der Temperaturüberschüsse, wenn sie klein sind, genau dem Gesetz der geometrischen Reihe folgen, aber für gröfsere Ueberschüsse, als hier etwa 17 bis 18 Einheiten, oder 2° bis 3° C., schon von diesem einfachen Gesetz bedeutend abweichen.

I.

x	Ablenkung.	beobacht.	berechn.	Δ
1	2°,0	2,0	2,01	−0,01
2	3 ,0	3,0	3,03	−0,03
3	4 ,6	4,6	4,56	+0,04
4	6 ,9	6,99	6,88	+0,11
5	9 ,7	10,24	10,38	−0,14

$$\log i = 1,016316 - 0,17859\,x.$$

II.

Mittlere Lufttemperatur 14°,14.

x	Ablenkung.	i beobacht.	i berechn.	berechn.
0	39°,50	65,00	53,94	+11,16
1	30 ,90	40,89	36,26	+ 4,63
2	21 ,47	25,46	24.37	+ 1,09
3	15 ,27	17,15	16,38	+ 0,77
4	9 ,83	10,40	11,01	− 0,59
5	7 ,23	7,23	7,40	− 0,17
6	5 ,15	5,15	4,97	+ 0,18

$$\log i = 1{,}73192 - 0{,}17252\,x.$$

Die Constanten dieser Formel sind aus den vier letzten Beobachtungen abgeleitet; man sieht, dafs schon bei einem Temperaturüberschufs von 17 Einheiten, die berechneten Werthe immer kleiner sind als die beobachteten, und dafs der Unterschied zwischen beiden regelmäfsig zunimmt.

Berechnet man nun dieselbe Beobachtungsreihe nach der Formel (C), so verschwinden diese Unterschiede, oder sie fallen innerhalb der Gränze der Beobachtungsfehler.

Man findet die wahrscheinlichsten Werthe von

$$\frac{g}{m} = 0{,}172744$$
$$\gamma - 2n = 0{,}010084$$
$$\Theta = 65{,}08057$$

und damit:

$$i = 50{,}8432 \,.\, 10^{-\frac{g}{m}x} + 14{,}2373 \,.\, 10^{-\frac{2g}{m}x}$$

x	i beobacht.	i berechn.	Δ
0	65,00	65,08	−0,08
1	40,89	40,58	+0,31
2	25,46	25,85	−0,39
3	17,15	16,73	+0,42
4	10,40	10,95	−0,55
5	7,23	7,23	+0,00
6	5,15	4,80	+0,35

Man sieht auch hier, wie bei den Versuchen mit dem Bleidraht, dafs der nach Formel (C) berechnete Werth

von g identisch wird mit dem aus dem kleinsten Temperaturüberschusse nach der einfachen geometrischen Progression abgeleiteten.

Die Erwärmung des Drahts in dieser und der vorigen Versuchsreihe geschah durch eine Argand'sche Oellampe; da die Abscisse des erwärmten Endes nicht aufgezeichnet worden war, habe ich, um zu sehen, ob die Annäherung der Formel auch für Stahl bis zur Temperatur des siedenden Wassers gingen, noch ein Paar andere Versuchsreihen mit demselben Stahldrahte ausgeführt, wo die Erwärmung des Endes, wie bei allen anderen Versuchen, mittelst siedenden Wassers geschah.

III.

Mittlere Lufttemperatur 18°,27.

x	Ablenkung.	i beobacht.	i berechn.	Δ
0	34°,68	50,14	50,14	+0,00
2	17 ,48	20,02	20,17	−0,15
4	8 ,23	8,48	8,39	+0,09
6	3 ,44	3,44	3,54	−0,10

Die Beobachtungen geben:

$$\frac{g}{m} = 0,18487$$
$$\gamma - 2n = 0,005987$$
$$\Theta = 50,13514.$$

Wie früher betrachtete ich das äufsere Ende des Korkes als den Punkt, wo der Stahldraht noch die Temperatur der Wärmequelle hatte; die Abscisse dieses Punktes war $= -4,65$, also der entsprechende Werth von $i = 589,41$ oder in Thermometergraden:

$$\frac{589,41}{7,537} = 78°,20.$$

Der wirkliche Temperaturüberschufs der Wärmequelle ist aber 100° − 18°,27 = 81°,73 oder 3°,53 gröfser als der berechnete:

IV.

Mittlere Lufttemperatur 20°,87.

x	Ablenkung.	i beobacht.	i berechn.	Δ
0	35°,52	52,46	52,46	0,00
2	18 ,24	21,01	21,12	−0,11
4	8 ,48	8,78	8 78	0,00
6	3 ,13	3,13	3,70	−0,57

Setzt man, wie in der vorigen Versuchsreihe gefunden ist:

$$\frac{g}{m} = 0{,}185,$$

so findet man aus der ersten und dritten Beobachtung:

$$\gamma - 2n = 0{,}00561$$
$$\Theta = 52{,}46.$$

Diese Werthe der Constanten geben für $x = -4{,}65$:

$$i = 613{,}36 = 81^\circ{,}39 \text{ C.}$$

statt 79°,13. — Der beobachtete Temperaturüberschufs der Wärmequelle ist also hier 2°,26 kleiner als der berechnete.

V.

Mittlere Lufttemperatur 16°,3,

x	Ablenkung.	i beobacht.	i berechn.	Δ
0	35°,75	53,10	53,10	0,00
2	18 ,66	21,56	21,33	+0,23
4	8 ,55	8,86	8,86	0,00

Aus der ersten und dritten Beobachtung findet man, wenn wieder $\frac{g}{m} = 0{,}185$ gesetzt wird:

$$\gamma - 2n = 0{,}00574$$
$$\Theta = 53{,}10.$$

Für $x = -4{,}65$ ist damit:

$$i = 629{,}10 = 83^\circ{,}47 \text{ C.},$$

also nur 0°,23 verschieden von dem wirklich beobachteten Temperaturüberschufs. Da der Unterschied zwischen den beobachteten und berechneten Werthen dieses Ueberschusses in dem einen Falle positiv, in dem anderen negativ, und endlich beinahe Null ist, so rührt

er offenbar aus zufällig bewirkter Erwärmung oder Erkältung des Drahtes her, die den Werth von Θ unsicher macht, und es ist daher wohl erlaubt anzunehmen, dafs die Formel C noch bis zur Temperatur des siedenden Wassers die constante Wärmevertheilung in dem Drahte auch für Stahl hinreichend genau ausdrückt.

Resultate.

Die Folgerungen, die sich aus den vorliegenden Versuchen ergeben, sind also hauptsächlich nachstehende:

1) Das Biot'sche Gesetz, — dafs in einer sehr dünnen und langen Metallstange, deren eines Ende auf einer unveränderlichen Temperatur, höher als die der umgebenden Luft, gehalten wird, nach eingetretenem Gleichgewicht der Temperatur, der Ueberschufs der Temperatur eines Punktes der Stange über die constante Temperatur der Luft, in einer geometrischen Progression abnimmt, wenn der Abstand des Punktes von dem erwärmten Ende um gleiche Differenzen wächst, — wird im Allgemeinen durch meine Versuche nicht bestätigt, und ist für die meisten Metalle nur für sehr kleine Temperaturüberschüsse wahr. Unter den von mir untersuchten Metallen ist Kupfer das einzige, wo das Gesetz sich bei höheren, wenigstens bis 30° gehenden Temperaturüberschüssen bestätigt hat; bei Zinn wird es schon fehlerhaft, wenn der Ueberschufs etwa 4° C., bei Stahl, wenn er 2° bis 3° C. beträgt, und endlich bei Blei ist das Gesetz schon bei 1° C. Temperaturunterschied mangelhaft.

2) Die Ursache dieser Abweichung der Beobachtungen von dem mathematischen Gesetze liegt darin, dafs bei Herleitung dieses letzteren die äufsere und innere Leitungsfähigkeit der Körper als unabhängig von der Temperatur betrachtet sind. Für den Fall, dafs man sie als Functionen von der Temperatur annimmt, kann man eine angenäherte Formel für die Wärmevertheilung in der

Stange finden, die mit der von mir beobachteten sehr gut übereinstimmt.

3) Die von früheren Physikern nach dem Biot'schen Gesetze abgeleiteten Werthe für die Wärmeleitungsfähigkeit fester Körper sind folglich unrichtig, und können jedenfalls nur als eine grobe Annäherung gelten.

4) Der constante Coëfficient der Wärmeleitungsfähigkeit für einen Temperaturüberschufs gleich Null, läfst sich also auf diese Weise nur bestimmen, entweder nach dem Biot'schen Gesetze, indem man die Wärmevertheilung in der Stange für sehr kleine Temperaturüberschüsse beobachtet, oder richtiger und genauer, wenn man den Werth desselben, wie bei obigen Versuchen, aus der Poisson'schen Formel ableitet.

5) Da der Unterschied zwischen den berechneten und beobachteten Temperaturen in allen obigen Versuchsreihen nur ein einziges Mal 0,6 Multiplicator-Einheiten überschritten hat, und der mittlere Fehler höchstens 0,3 oder 0°,04 C. beträgt, so scheinen mir die vorliegenden Beobachtungen einen zureichenden Beweis für die Brauchbarkeit und Genauigkeit der angewandten Beobachtungsmethode zu liefern, und ich hoffe daher, dafs die Thermosäule in den Händen geschickterer Physiker ein schätzbares Instrument werden könne, um sehr kleine Temperaturdifferenzen fester Körper zu messen, und besonders um die Temperaturvertheilung an der Oberfläche desselben in Fällen zu bestimmen, wo diefs durch gewöhnliche Thermometer sonst beinahe ganz unausführbar gewesen wäre.

II. Ueber die Temperaturveränderungen beim Austausche von Basen; von Thomas Andrews.

Professor der Chemie an der Royal Institution zu Belfast.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus den *Phil. Transact. f.* 1844, *pt. I*, *p.* 21.)

In einer der K. Irischen Academie vor beinahe drei Jahren gemachten Mittheilung [1]) beschrieb ich eine Reihe von Versuchen über die bei der Wechselwirkung von Säuren und Basen entwickelte Wärme, aus welchen ich die allgemeine Folgerung zog, dafs, bei Entfernung des Einflusses aller fremdartigen Umstände, die Wärme nicht von dem sauren Bestandtheil einer Verbindung, sondern von dem basischen bedingt werde. Nahe um dieselbe Zeit veröffentlichte Hr. Hefs eine wichtige Abhandlung über die Thermochemie, in welcher er zu einem gegentheiligen Ergebnifs gelangte, das er indefs, da es aus einer sehr beschränkten Zahl von Versuchen abgeleitet war, nur als ein wahrscheinlich allgemeines hinstellte, dessen Richtigkeit erst durch fernere Untersuchungen ermittelt werden könnte. Der von Hrn. Hefs aufgestellte Satz ist: dafs verschiedene Basen bei Verbindung mit derselben Säure eine gleiche Wärmemenge entwickeln [2]).

Beim gegenwärtigen Zustand unserer chemischen Kenntnisse können wir nicht wagen, diefs Problem durch directe Versuche mit wasserfreien Säuren und Basen zu lösen, selbst wenn wir die nicht mehr allgemein von den Chemikern zugelassene Hypothese annehmen, dafs die näheren Bestandtheile neutraler Salze die gewöhnlichen Säuren und Basen seyen. Versuche mit concentrirten Säuren sind nicht geeignet einfache Resultate zu liefern,

1) S. Annalen, Bd. 59, S. 428, und Bd. 54, S 208.

2) Poggendorff's Annalen, Bd. 52, S. 107.

da die blofse Verdünnung mit Wasser bei einigen Säuren eine starke Wärmeentwicklung bewirkt, bei andern dagegen keine oder eine sehr geringe. Aus diesem Grunde ist bei Neutralisation einer alkalischen Lösung durch Salpetersäure die entwickelte Wärmemenge, je nach dem Concentrationsgrade der Säure, sehr verschieden, während dieser bei Anwendung von Weinsäure wenig oder keinen Einflufs hat. Bei fernerer Vergleichung finden wir, dafs während zwischen den Temperaturen, die man mit verschiedenen Säuren in concentrirtem Zustande erhält, keine einfache Beziehung da ist, sich eine sehr starke Annäherung zur Gleichheit in der Wärmeentwicklung zeigt, wenn eine selbe Base durch irgend eine verdünnte Säure gesättigt wird.

Bei manchen scheinbar einfachen Reactionen ist es schwierig, alle stattfindenden Verbindungen und Zersetzungen mit Sicherheit zu ermitteln, und deshalb hält es auch schwer unsere thermischen Resultate demgemäfs auszulegen. Selbst die bei Verbindung von wasserfreier Säure und Basis entstehende Wärme herzuleiten aus der, welche bei Vermischung von Lösungen derselben entwickelt wird, ist eine Aufgabe von grofser Schwierigkeit, indem sie die vorherige Bestimmung vieler Data erfordert, welche sich nur in wenigen Fällen alle durch's Experiment entdecken lassen. Vor der Vermischung sind die Flüssigkeiten in der That Lösungen von Säure und Alkali im Hydratzustande, und da bei Bildung dieser Hydrate und im Allgemeinen auch bei deren nachheriger Lösung grofse Wärmemengen entwickelt werden, so findet eine gleiche Wärmeverschluckung statt, wenn diese Verbindungen zerstört werden. Dasselbe erfolgt überdiefs bei Lösung der entstandenen Verbindung. Nachdem alle diese Berichtigungen gemacht worden sind, ist es zweifelhaft, ob nicht das Endresultat eine theoretische oder imaginäre Zahl sey.

Nehmen wir die jetzt herrschende Ansicht an, dafs die

die Säurehydrate wirklich Verbindungen von reinen Säuren mit Wasser als Base seyen, so entspringt die Wärme, die bei Neutralisation einer verdünnten Säure mit einer Base entsteht, dadurch, dafs die letztere ein Aequivalent basisches Wasser austreibt [1]), und das zuvor erwähnte allgemeine Resultat kann so ausgedrückt werden: »Wenn eine und dieselbe Base Wasser aus seiner Verbindung mit irgend einer Säure austreibt, so ist die entwikkelte Wärme nahezu dieselbe.« Und setzen wir für das basische Wasser irgend eine Basis, so nimmt das Gesetz die folgende sehr allgemeine Form an:

Wenn eine Base eine andere aus irgend einer ihrer neutralen Verbindungen austreibt, so ist die entwickelte oder verschluckte Wärme immer gleich, was für eine Säure es auch sey, wenn nur die Basen dieselben sind.

Die folgenden Versuche wurden in der Absicht unternommen, die Richtigkeit dieses Satzes zu erweisen. Als Basis zur Austreibung der anderen wurde Kalihydrat angewandt, und zwar immer im Zustand einer verdünnten Lösung. Der Gehalt dieser Lösung wurde durch Neutralisation einer bestimmten Menge derselben mittelst Schwefelsäure von bekannter Stärke ermittelt. Die erforderliche Menge wurde gewogen in einem langen cylindrischen Gefäfs von dünnem Messing, das auswendig mit Kopalfirnifs überzogen war. Dieser letztere schützte es wirksam gegen die Einwirkung aller Metalllösungen. Die aequivalente Lösung des zu zersetzenden Salzes befand sich in einer dünnen Glasflasche, die innerhalb einer gröfseren von einem vorspringenden Rand getragen ward. Das Ganze war so eingerichtet, dafs wenn das Messinggefäfs mit seinem Inhalt vorsichtig in die Salzlösung hinabgelassen ward, es schwimmen blieb und dabei zugleich nahezu durch die ganze Tiefe der Flüssigkeit reichte. Das Gewicht der beiden Flüssigkeiten zusammen betrug 1000

1) *Transact. of the Royal Irish Acad., Vol. XIX, p.* 247. (Annalen, Bd. 54, S. 208.)

Gran, von welchen die Salzlösung etwa 700 Gran ausmachte. Um die beiden Flüssigkeiten auf dieselbe Temperatur zu bringen, wurde dem inneren Gefäfse eine rasche Umdrehungsbewegung gegeben, indem man darin mit einem leichten Glasstab herumrührte. In dem äufseren Gefäfse wurde ein sehr empfindliches Thermometer mit langem cylindrischen Behälter aufgehängt. Sobald zwischen beide Flüssigkeiten ein vollkommenes Temperaturgleichgewicht eingetreten war, wurde der Stand des Thermometers sorgfältig aufgezeichnet. Das Messinggefäfs wurde dann am Rande mit einer Zange gefafst und sein Inhalt schnell zu der Salzlösung gegossen. Das Gemisch wurde rasch umgerührt und der nunmehrige Stand des Thermometers aufgezeichnet. Nachdem die Vermischung stattgehabt, wurde das Messinggefäfs wieder in die Flüssigkeit gebracht.

Die entwickelte Wärme stieg, mit Ausnahme weniger Fälle, nicht über 3° F.; und ich hatte es so eingerichtet, dafs die Endtemperatur der Flüssigkeit, je nach dem Gesammtbetrag der Wärme, 0°,3 bis 1° F. höher war als die der umgebenden Luft. Wenn eine Senkung der Temperatur stattfand wurden die Ajustirungen darnach abgeändert.

Dieser Verfahrungsweise stellen sich freilich mehrere Einwürfe entgegen; allein zahlreiche Vorversuche haben mich überzeugt, dafs sie, wenn die Temperaturveränderungen nicht bedeutend sind, sehr genaue Resultate giebt. Die wichtige Bedingung, die beiden Flüssigkeiten in kurzer Zeit auf genau dieselbe Temperatur zu bringen, läfst sich vollkommen erfüllen. Die hauptsächlichste Fehlerquelle liegt in dem Erwärmen oder Erkälten der alkalischen Flüssigkeit während sie in das äufsere Gefäfs gebracht wird; wenn der Unterschied zwischen der anfänglichen Temperatur der Flüssigkeit und der der Luft bedeutender gewesen wäre, würde diefs ein ernstlicher Einwurf gegen das Verfahren seyn; allein dieser

Unterschied überstieg selten 2° F. Da von der alkalischen Flüssigkeit einige Tropfen im inneren Gefäfse haften blieben, so wurden 3 Gran von ihr in Ueberschufs genommen, was, wie sich fand, genau den Verlust ersetzte. Eine ähnliche Portion blieb von der Salzlösung an der Aufsenfläche des Messinggefäfses hängen, allein da Flüssigkeit und Salz zusammen fortgenommen wurden, so stieg der daraus entspringende Fehler in keinem Fall auf mehr als einen Bruch von einem Hundertelgrad. Dafs die Aetzkalilauge während der wenigen Minuten, die das Abgleichen der Temperaturen erforderte, der Luft ausgesetzt war, führte zu keinem merklichen Fehler.

Die Concentration der Lösung war eine solche, dafs, wenn ein Sulfat angewandt ward, die gesammte Flüssigkeit nach der Vermischung 1 Procent wasserfreier Schwefelsäure enthielt. Die von irgend einem Salz erforderliche Menge wurde daher erhalten, wenn man sein Atomgewicht durch das der Schwefelsäure dividirte. Die alkalische Flüssigkeit enthielt 0,01 bis 0,02 Kali mehr als zur Zersetzung des Salzes erforderlich war.

Der theoretische Wasser-Werth des Behälters vom angewandten Thermometer betrug 6 Gran; der vom Glasgefäfs und Glasstab (da die spec. Wärme des Glases 0,140 ist) 68 Gran, also der gesammte Wasserwerth des Gefäfses 74 Gran. Das Messinggefäfs ist hierin natürlich nicht mitbegriffen, da es nach Abgleichung der Temperaturen ganz entfernt wird, der entsprechende Werth des Gefäfses, in der erhaltenen Flüssigkeit ausgedrückt, ist 76 Gran. Die gefundenen Temperaturen sind daher zur Berichtigung wegen der Gefäfse mit 1,076 multiplicirt.

Endlich ist noch eine Berichtigung erforderlich wegen der specifischen Wärme der erhaltenen Lösungen und Niederschläge. Allein da die genaue Bestimmung der specifischen Wärme einer Substanz grofse Sorgfalt und viel Zeit erfordert, so habe ich nicht versucht, von dem Producte jeder Operation die specifische Wärme

besonders zu bestimmen. Ich bestimmte jedoch sehr sorgfältig die spec. Wärme der vier hauptsächlichsten von den sich bildenden Lösungen, und schätzte, nach den Versuchen des Hrn. Regnault, die specifischen Wärmen der gefällten Oxyde (diese im wasserfreien Zustande gewägt). Die untersuchten Flüssigkeiten waren Lösungen (von normaler Concentration) vom schwefelsauren, salpetersauren und essigsauren Kali, und von Chlorkalium; die spec. Wärmen fanden sich respective gleich 0,973; 0,975; 0,971 und 0,971 [1]).

Die Resultate der Versuche habe ich in besonderen Tafeln zusammengestellt. Die erste Spalte einer jeden Tafel enthält den Namen des zersetzten Salzes, die zweite dessen Gewicht; die dritte die Temperaturveränderung, wie sie beobachtet worden; die vierte dieselbe berichtigt wegen des Gefäfses, oder bezogen auf 1000 Theile der entstandenen Mischung; die fünfte endlich dieselbe bezogen auf 1000 Theile Wasser.

Kalisalze.

Salz.	Gewicht.	Temperaturveränderung		
		beobachtet.	bezogen auf die Flüssigk.	bezogen auf Wasser
$CaO.N_2O_5$	20,6	—0°,34	—0°,37	—0°,36
$CaO.N_2O_5$	20,6	—0 ,32	—0 ,35	—0 ,34
$CaO.S_2O_2.6H_2O$	32,7	—0 ,35	—0 ,38	—0 ,37
$CaO.S_2O_2.6H_2O$	32,7	—0 ,31	—0 ,34	—0 ,33
$CaCl_2$	13,9	—0 ,34	—0 ,37	—0 ,36
$CaCl_2$	13,9	—0 ,36	—0 ,39	—0 ,38
$CaO.\bar{A}.Aq$	22,2	—0 ,35	—0 ,38	—0 ,37
$CaO.\bar{A}.Aq$	22,2	—0 ,35	—0 ,38	—0 ,37

Der salpetersaure Kalk war sorgfältig im Sandbade getrocknet; bei dem einen Versuch war die Lösung neutral, bei dem andern schwach alkalisch. Das Chlornatrium war in dunkler Rothgluth getrocknet, aber nicht geschmolzen. Seine Lösung war deutlich alkalisch, da dasselbe bei dem schwächsten Glühen eine geringe Zer-

1) Siehe den Zusatz am Schlufs.

setzung erleidet. Von dem essigsauren Salz lieferten 22,64 Gran, in einer warmen Atmosphäre getrocknet, 12,70 Gran kohlensauren Kalk, aus welchem die erforderliche Menge, wie sie in der Tafel angegeben, berechnet ward.

Das negative Zeichen sagt, dafs wenn Kali die Base dieser Salze austreibt, eine Temperaturerniedrigung stattfindet. Die Uebereinstimmung dieser Resultate innerhalb der Beobachtungsfehler ist vollkommen.

Talkerdesalze.

Die Talkerdesalze werden in der Kälte sehr unvollständig durch Aetzkali zersetzt, und deshalb ist die vom Thermometer angezeigte Temperaturveränderung nur ein Theil von der, welche der Austausch der Talkerde gegen Kali erzeugt. Es trat indefs bei diesen Salzen, wie bei den vorhergehenden, eine Temperaturerniedrigung ein, die bei den Versuchen mit dem Sulfat und Chlorid und einem Aequivalent Kali zwischen 0°,10 und 0°,15 F. lag. Mit gröfserer Menge von Kali trat eine stärkere Temperaturerniedrigung ein, allein dennoch schien der Austausch nur unvollständig zu seyn.

Baryt- und Strontiansalze.

Bei zahlreichen Versuchen mit den Nitraten von Baryt und Strontian, oder den Chloriden von Barium und Strontium, trat keine Temperaturveränderung ein. Die Lösungen waren so verdünnt genommen, dafs in der Mischung eine blofse Wolke erschien, hauptsächlich aus einer Spur von Carbonat bestehend. Freilich haben wir keinen positiven Beweis von eingetretener Zersetzung, so lange nicht concentrirtere Lösungen angewandt werden und ein Niederschlag entsteht, allein die verhältnifsmäfsige Unlöslichkeit dieser Basen macht es sehr wahrscheinlich, dafs in allen Fällen Austausche stattfinden.

Natronsalze.

Salze.	Gewicht.	Temperaturveränderung, beobacht.
$NaO.N_2O_5$	21,4	+0°,14
$NaO.N_2O_5$	21,4	+0 ,13
$NaO.SO_3.10H_2O$	40,3	+0 ,06
$NaO.SO_3.10H_2O$	40,3	+0 ,07
$NaCl_2$	14,6	+0 ,04
$NaCl_2$	14,6	+0 ,05
$NaO.CO_2.10H_2O$	35,8	+0 ,07
$NaO.CO_2.10H_2O$	35,8	+0 ,05

Ammoniaksalze.

Salze.	Gewicht.	Temperaturveränderungen		
		beobachtet.	bezogen auf d. Flüssigk.	bezogen auf Wasser
$AdH_2O.SO_3.H_2O$	18,74	+0°,70	+0°,75	+0°,73
$AdH_2O.N_2O_5$	19,98	+0 ,69	+0 ,74	+0 ,72
$AdH_2.Cl_2$	13,33	+0 ,70	+0 ,75	+0 ,73
$AdH_2O.C_2O_3.H_2O$ . . .	17,72	+0 ,70	+0 ,75	+0 ,73
$AdH_2O.C_4H_2O_5.H_2C$ . .	25,24	+0 ,69	+0 ,74	+0 ,72

Mit einem anderen Thermometer gaben diese Versuche, nachdem alle Berichtigungen gemacht, folgende Resultate: schwefelsaures Salz 0°,76; salpetersaures 0°,77; salzsaures 0°,76; kleesaures 0°,75 und weinsaures 0°,76 F. Diese Zahlen, obwohl im Mittel um 0°,03 F. höher als die obigen, stimmen vollkommen unter sich. Bevor wir die thermischen Relationen dieser Salze untersuchen, müssen wir uns versichern, dafs ihre Lösungen, da der geringste Säureüberschufs die Resultate gänzlich verändern würde, neutral sind.

Ich versuchte eine Lösung von cyanwasserstoffsaurem Ammoniak zu bereiten, indem ich Lösungen von Cyanwasserstoffsäure und Ammoniak zu gleichen Aequivalenten mit einander vermischte. Bei Zersetzung dieser Flüssigkeit durch Kali trat eine Temperaturerhöhung ein, in verschiedenen Versuchen von 0°,87 bis 0°,90, was sich den obigen Resultaten nähert. Die Anomalien, welche die Cyanwasserstoffsäure bei ihrer Verbindung

mit Alkalien darbietet, verleihen dieser Thatsache einige Wichtigkeit.

Das sogenannte neutrale phosphorsaure Ammoniak ist, wie das entsprechende arsensaure, ein Salz von anomaler Zusammensetzung, welches in seinen thermischen Eigenschaften aus theoretischen Gründen von den übrigen Ammoniaksalzen abweichen mufs. Wenn, in verdünnter Lösung, ein zweites Aequivalent Ammoniak zu einer Lösung eines gewöhnlichen neutralen Ammoniaksalzes hinzugefügt wird, tritt keine Temperaturveränderung ein; allein derselbe Zusatz zu dem neutralen phosphorsauren Salz bewirkt eine Temperaturerhöhung von 0°,18. Das letztere Salz verliert indefs während der Verdampfung einen Theil seines Ammoniaks mit solcher Leichtigkeit, ohne dabei seine alkalische Reaction einzubüfsen, dafs ich nicht gewifs bin, ob diefs eine Eigenschaft des Salzes in seiner normalen Zusammensetzung sey, oder daraus entspringe, dafs es vor der Lösung einen Theil seiner Basis verloren hat. Bei Zersetzung des nämlichen Salzes durch Kali waren die Resultate nicht gleichmäfsig; bei einem Versuch stieg die Erwärmung auf 0°,98; bei einem andern, angestellt mit demselben Salz, nachdem es sehr kurze Zeit einer warmen trocknen Atmosphäre ausgesetzt gewesen, betrug die Erwärmung 1°,60; und bei einem dritten, wobei die Lösung des letzteren zuvor mit Ammoniak gesättigt wurde, stieg das Thermometer auf 1°,0. Nehmen wir an, die bei der Zersetzung durch Kali erzeugte Temperaturerhöhung sey 0°,99, und ziehen wir 0°,18 hievon ab, so haben wir für die Erwärmung beim Austausch von Ammoniak gegen Kali 0°,80, was nahe das obige Resultat ist. Die thermischen Eigenschaften aller phosphorsauren und arsensauren Alkalien sind sehr verwickelt, und bedürfen einer weiteren Erforschung.

Mangansalze.

Salze.	Gewicht.	Temperaturveränderungen beobachtet.	bezogen auf d. Flüssigk.	bezogen auf Wasser.
$MnO.SO_3$	18,9	+1°,00	+1°,08	+1°,04
$MnO.SO_3$	18,9	+1 ,00	+1 ,08	+1 ,04
$MnCl_2.Aq$	24,9	+1 ,00	+1 ,08	+1 ,04
$MnCl_2.Aq$	24,9	+1 ,01	+1 ,09	+1 ,05
$MnO.\bar{S}.Aq$	30,7	+1 ,11	+1 ,19	+1 ,15

Die Zusammensetzung des Chlorids und des bernsteinsauren Salzes wurde durch Verwandlung derselben in schwefelsaures Salz bestimmt. 17,05 Gran des ersteren und 11,24 Gran des zweiten gaben respective 12,94 und 6,91 Gran von letzterem. Das bernsteinsaure Salz entwickelte, wie zu ersehen, etwas mehr Wärme als die übrigen Salze. Wahrscheinlich sind alle diese Zahlen zu hoch, wegen der Schnelligkeit, mit der die Niederschläge Sauerstoff absorbiren. Diefs bewirkt eine leichte, aber deutliche Wärmeentwicklung auf einige Minuten nach der Fällung.

Eisenoxydulsalze.

Salze.	Gewicht.	Temperaturveränderungen beobachtet.	bezogen auf d. Flüssigk.	bezogen auf Wasser.
$FeO.SO_3.7H_2O$ . . .	34,5	+1°,52	+1°,64	+1°,58
$FeCl_2.4H_2O$	24,6	+1 ,57	+1 ,69	+1 ,63
$FeCl_2.4H_2O$	24,6	+1 ,53	+1 ,65	+1 ,59

Von diesen Resultaten gilt dasselbe, was von den vorherigen gesagt ist.

Zinksalze.

Salze.	Gewicht.	Temperaturveränderungen beobachtet.	bezogen auf d. Flüssigk.	bezogen auf Wasser.
$ZnO.SO_3$	20,6	+1°,73	+1°,86	+1°,70
$ZnO.SO_3$	20,6	+1 ,76	+1 ,89	+1 ,82
$ZnO.N_2O_5.Aq$	29,56	+1 ,68	+1 ,81	+1 ,74
$ZnO.N_2O_5.Aq$	29,56	+1 ,65	+1 ,78	+1 ,71
$ZnO.N_2O_5.Aq$	29,56	+1 ,69	+1 ,82	+1 ,76
$ZnCl_2$	16,87	+1 ,65	+1 ,78	+1 ,71
$ZnCl_2$	16,87	+1 ,68	+1 ,81	+1 ,74
$ZnCl_2$	16,87	+1 ,67	+1 ,80	+1 ,73
$Zn.Br_2$	27,57	+1 ,65	+1 ,78	+1 ,71
$Zn.J_2$	39,54	+1 ,68	+1 ,81	+1 ,74

Das schwefelsaure Salz war durch vorsichtiges Glühen entwässert; das salpetersaure war eingedampft bis es beim Erkalten gestand; 20,17 Gran des wasserhaltigen Salzes hinterliefsen nach dem Glühen 6,85 Oxyd. Das Chlorid war vorsichtig geschmelzt und in einem bedeckten Tiegel gewägt. Das Bromid und das Jodid wurden auf einem heifsen Sandbade getrocknet, aber nicht geschmelzt, die drei letzten Verbindungen werden bei der zur Vertreibung aller Feuchtigkeit erforderlichen Hitze etwas zersetzt, daher mufs die mit ihnen erhaltene Erwärmung etwas unter der Wahrheit bleiben. Alle obigen Zinksalze wurden durch ein genaues Aequivalent Kali zersetzt, und der dadurch entstandene Niederschlag erwies sich als Zinkoxydhydrat. Wenn aber essigsaures Zinkoxyd in ähnlicher Weise behandelt wird, fällt ein Untersalz (*Subsalt*, basisches Salz) nieder. Die darüber befindliche Flüssigkeit enthält noch Zinksalz, und läfst auf Zusatz von Kali einen feineren Niederschlag fallen. Bei Fällung eines Aequivalents dieses Salzes durch ein Aequivalent Kali stieg aus diesem Grunde das Thermometer nur 1°,31 F. Als zur Erlangung einer vollständigeren Zersetzung ein doppeltes Aequivalent Kali angewandt wurde, war die entwickelte Wärme etwas geringer; allein es ist zweifelhaft, ob die zusätzliche Menge Kali wirklich einen vollständigeren Austausch bewirkte, da zugleich der Niederschlag gröfstentheils wieder gelöst ward. Es ist diefs ein interessantes Beispiel einer scheinbaren Ausnahme von dem Gesetz der aequibasischen Wärme, als Folge einer entsprechenden Anomalie in der chemischen Reaction.

Quecksilbersalze.

Das einzige zu diesen Versuchen geeignete Quecksilbersalz ist das Chlorid. Die Hälfte vom gewöhnlichen Aequivalent desselben (17,1 Gran) und von der Kalilösung gaben in drei Versuchen 0°,90; 0°,86 und 0°,89, was, nach allen Berichtigungen und nach Verdopplung

des Endresultates, liefert: 1,89; 1°,81 und 1°,87. Ich bin nicht im Stande gewesen diefs Resultat durch Fällung des Oxyds aus einem anderen Salze zu bestätigen. Das Bromid ist zu wenig löslich in kaltem Wasser. Das Cyanid wird nicht vom Kali zersetzt, und demgemäfs wird bei Vermischung ihrer Lösungen keine Wärme entwickelt. Dafs das Kali dieses Salz nicht zersetzt, geht ferner aus dem Umstand hervor, dafs bei Neutralisation desselben mit einer Säure derselbe Temperaturanwuchs eintritt, wie wenn das Kali im freien Zustand gewesen wäre. Schwefelsaures und salpetersaures Quecksilbersalz werden beide schon bei Verdünnung ihrer Lösung zersetzt. Zwar ist neuerlich behauptet worden, dafs man eine Lösung des neutralen Salzes erhalte, wenn man das Chlorid durch salpetersaures Silberoxyd fälle; allein diefs ist ein Irrthum, es tritt die gewöhnliche Zersetzung ein. In der That röthet die Lösung des vermeintlich neutralen Nitrats stark das Lackmuspapier, während das Chlorid es nur schwach thut. Bei ähnlichen Versuchen mit anderen Metallchloriden, die neutrale Nitrate zu bilden im Stande sind, zeigt sich keine wahrnehmbare Aenderung der Reaction. Diese Beobachtungen erklären vollständig die Anomalien, welche ich früher bei Wirkung verdünnter Säuren auf Quecksilberoxyd anführte.

Bleisalze.

Salze.	Gewicht.	Temperaturveränderungen		
		beobachtet.	bezogen auf d. Flüssigk.	bezogen auf Wasser.
$PbO.N_2O_5$	41,34	+2°,77	+2°,98	+2°,83
$PbO.N_2O_5$	41,34	+2 ,77	+2 ,98	+2 ,83
$\frac{1}{2}(PbO.N^2O_5)$	20,67	+1 ,39	+1 ,49	+2 ,90
$\frac{1}{2}(PbO.N_2O_5)$	20,67	+1 ,37	+1 ,47	+2 ,86
$\frac{1}{2}(PbO.\overline{A}.3H_2O)$ . .	23,64	+1 ,32	+1 ,42	+2 ,77
$\frac{1}{2}(PbO.\overline{A}.3H_2O)$ . .	23,64	+1 ,33	+1 ,43	+2 ,80

In den vier letzten Versuchen wurden die halben Quantitäten genommen, jedoch die Resultate sämmtlich

in der fünften Spalte auf die gewöhnlichen Mengen zurückgeführt. Nach Ablagerung des Niederschlags zeigte sich die darüberstehende Flüssigkeit stark alkalisch, und fähig Bleisalze zu fällen; auch enthielt sie eine kleine Menge Blei gelöst. Diese wohlbekannten Thatsachen zeigen, dafs die obigen Zahlen nur einen Theil der beim Austausch von Bleioxyd gegen Kali entwickelten Wärme vorstellen. Ihre Uebereinstimmung zeigt indefs, dafs die Bleisalze, bei ähnlicher Behandlung mit ätzendem Kali, gleiche Wärmemengen liefern.

Kupfersalze.

Salze.	Gewicht.	Temperaturveränderungen		
			bezogen auf	
		beobachtet.	d. Flüssigk.	Wasser.
$CuO.SO_3$	19,90	+2°,86	+3°,08	+2 ,97
$CuO.SO_3$	19,90	+2 ,86	+3 ,08	+2 ,97
$CuO.N_2O_5.Aq$	30,53	+2 ,86	+3 ,08	+2 ,97
$CuO.N_2O_5.Aq$	30,53	+2 ,86	+3 ,08	+2 ,97
$CuCl_2$	16,72	+2 ,81	+3 ,02	+2 ,91
$CuCl_2$	16,72	+2 ,84	+3 ,05	+2 ,94
$CuCl_2$	16,72	+2 ,80	+3 ,01	+2 ,90
$CuO.\overline{A}.H_2O$	24,87	+3 ,08	+3 ,30	+3 ,18
$CuO.\overline{A}.H_2O$	24,87	+3 ,02	+3 ,25	+3 ,12
$CuO.\overline{A}.H_2O$	24,87	+3 ,06	+3 ,29	+3 ,16

Das Sulfat und Chlorid wurden im wasserfreien Zustand, das Nitrat ward als feuchte Krystalle genommen, und deren Zusammensetzung durch Glühen bestimmt; 8,73 Gran lieferten so 2,83 Gran Oxyd. Da das essigsaure Salz einen kleinen Wärmeüberschufs gab, so bemühte ich mich zu entdecken, ob diefs einer Besonderheit in dem Niederschlag oder der Zusammensetzung des Salzes zugeschrieben werden könne. Der beim ersten Versuch erhaltene Niederschlag wurde gesammelt; er wog 10,01 Gran oder 1 Proc. mehr als er theoretisch müfste, was, wenn man einen gleichen Ueberschufs an Aetzkali vorhanden annimmt, nur einen Fehler von 0°,03 verursachen konnte. Von den beim letzten Versuche angewand-

ten Krystallen wurden 9,40 Gran mit Salpetersäure digerirt und darauf geglüht; sie lieferten 3,74 Gran Oxyd, was genau das theoretische Resultat ist. Es scheint also, als liefere das essigsaure Kupferoxyd bei Zersetzung durch Kali $\frac{1}{13}$ Wärme mehr als die übrigen Kupfersalze.

Silbersalze.

Das salpetersaure ist das einzige von mir untersuchte Silbersalz. Ein volles Aequivalent, 42,48 Gran, durch Kali zersetzt, gab 3°,88, oder bezogen auf die entstandene Flüssigkeit 4°,17 und auf Wasser 3°,95. Zwei ähnliche Versuche mit einem halben Aequivalent gaben nahe dieselben Resultate, d. h. nachdem alle Berichtigungen gemacht und das Endresultat verdoppelt worden, 3°,90 und 3°,94.

Eisenoxydsalze.

Da die bisher untersuchten Basen alle von der Form MO waren, so war es wichtig zu untersuchen, in wie weit der gefundene Satz für Basen von der Form M_2O_3 gültig sey. Die Eisenoxydsalze schienen für den Versuch am geeignetsten; allein es hält schwer, sie im neutralen Zustand zu bekommen. Die sicherste Methode dazu besteht darin, durch Lösungen von Oxydulsalzen einen Strom von Chlorgas bis zur Sättigung hineinzuleiten und dann den Ueberschufs des Chlors durch Erwärmung auszutreiben. Auf diese Weise kann man leicht aus einer Lösung von Chlorür eine vom Chlorid erhalten, und aus einer vom schwefelsauren Oxydul ein Gemenge von Chlorid und schwefelsaurem Oxyd. Da indefs die erfolgenden Oxydverbindungen die Hälfte Kali mehr zu ihrer Zersetzung erfordern als die Oxydulverbindungen, aus welchen sie entstehen, so war es nöthig von letzteren nur zwei Drittel eines Aequivalents zu nehmen, um die gewöhnliche Kalimenge beizubehalten.

Demgemäfs wurden 16,40 krystallisirtes Eisenchlorür

in Chlorid verwandelt und durch Kali zersetzt; in verschiedenen Versuchen gaben sie 3°,83; 3°,75 und 3°,74, was, nach allen Berichtigungen, entspricht: 3°,97; 3°,89 und 3°,88. Vom krystallisirten schwefelsauren Oxydul gaben 23 Gran, eben so behandelt, 4°,09; 4°,11 und 4°,12 entsprechend 4°,25; 4°,27 und 4°,28. Diese Resultate, obwohl nicht identisch; kommen einander doch hinreichend nahe, besonders wenn man die Unsicherheit der ursprünglichen Zusammensetzung der krystallisirten Salze und die Schwierigkeit, alles überschüssige Chlor ohne Zersetzung auszutreiben, in Betracht zieht. Ein anderer Umstand, der diese Resultate abzuändern strebt, dessen Einflufs aber schwierig zu ermitteln ist, besteht darin, dafs der entstehende Niederschlag immer Kali enthält, und zwar durch so starke Verwandtschaft mit dem Eisenoxydhydrat verbunden, dafs selbst heifses Wasser nur eine theilweise Abtrennung desselben bewirkt. Sehr wahrscheinlich findet diefs bei verschiedenen Salzen in verschiedenem Maafse statt, und darin mag wohl Eine Ursache der Verschiedenheit der thermischen Effecte liegen.

Beim Rückblick auf die vorhergehenden Resultate wird man beobachten, dafs während der Umtausch von Kali gegen verschiedene Basen thermische Veränderungen hervorbringt, die von —0°,34 bis +4°,28 schwanken, die gröfste Uebereinstimmung herrscht bei denen, die mit den Salzen von jeder Base für sich erhalten worden sind. Freilich zeigen sich in einzelnen Fällen geringe Unterschiede; allein diese sind, glaube ich, im Allgemeinen nicht gröfser als sie bei chemischen Reactionen vorkommen. Es ist daher zu einer vollkommenen Gleichförmigkeit der Resultate wesentlich, dafs genaue Aequivalente von dem Salze und der Base angewandt werden, und ein vollständiger Austausch stattfinde. Diese Bedingungen sind aber selten erfüllt. Es ist jedoch wichtig zu bemerken, dafs, mit ein Paar Ausnahmen, die beobachteten Abweichungen alle in demselben Sinne liegen,

welchen die Theorie andeutet. Die Schwierigkeit, die meisten Metallsalze im vollkommen neutralen Zustande und von fester Zusammensetzung zu erhalten, ist wohl bekannt, und bei den zerfliefslichen Verbindungen kann eine besondere Analyse selten mit Vortheil angewandt werden. Die aus der Unvollkommenheit des Autausches entspringende Veränderlichkeit des Niederschlags ist eine ergiebige Quelle der Verschiedenheiten in den Resultaten, und sie wird noch vergröfsert durch die Nothwendigkeit, alle diese Versuche ohne Anwendung äufserer Wärme anzustellen. Die Bildung eines Untersalzes (basischen Salzes) entwickelt weniger Wärme als die Fällung eines Oxydhydrats, offenbar weil im ersteren Fall ein unvollständiger Austausch stattfindet. Ein merkwürdiges Beispiel hievon hatten wir bereits in der Wirkung des Kalis auf das essigsaure Zinkoxyd, wo eine grofse Abweichung von der gewöhnlichen Wärmeentwicklung deutlich daraus entsprang, dafs der Niederschlag ein Untersalz war. Dieselbe Ursache stört ohne Zweifel oft die Genauigkeit des Resultats in andern Fällen, wo eine geringe Menge Untersalz gebildet wird. In einigen Fällen bleibt auch ein Theil der ausgetriebenen Basis in der Lösung, und in noch anderen wird ein Theil der austreibenden Basis mit dem Niederschlag gefällt. Ziehen wir alle diese Fehlerquellen in Betracht, so scheint das allgemeine Gesetz der Gleichheit der Wärmeentwicklung bei Austausch einer und derselben Base durch die vielen Fälle einer völligen Uebereinstimmung damit, im Gegensatz zu den wenigen einer geringen Abweichung davon, vollkommen bewährt zu seyn.

Es mag hier bemerkt seyn, dafs es auf die Richtigkeit durchaus keinen Einflufs hat, was für eine Ansicht man über den Vorgang beim Austausche der Basen annimmt. Möge man annehmen, das Endresultat entspringe aus einer blofsen Stellvertretung der einen Base durch die andere, oder aus einer Reihe gesonderter chemischen

Veränderungen, deren jede einen gewissen Wärmeeffect hervorbringt, die allgemeinen, so eben festgestellten Thatsachen bleiben dabei immer strenge richtig.

Die Abscheidung der meisten Basen in starrer Form strebt also Wärme zu entwickeln, und da diefs bei verschiedenen Niederschlägen in ungleichem Maafse geschieht, so lassen sich die Zahlen für die unlöslichen Basen nicht genau mit einander vergleichen. Der Betrag der aus der Fällung entspringenden latenten Wärme ist nicht bekannt, mufs aber bei Bildung eines und desselben Niederschlags derselbe seyn. Die Berichtigung wegen dieses Umstandes wird also für Salze von gleicher Base eine constante Gröfse seyn, und mithin, wenn sie angebracht wird, die Gleichheit der vorstehenden Zahlengruppen nicht ändern können. Es ist wichtig zu bemerken, dafs, ungeachtet der aus der Bildung der Niederschläge entstehenden Wärme, eine Temperaturerniedrigung eintritt, wenn Kalk oder Talkerde durch Kali ausgeschieden wird.

Im ersten Augenblick scheint diese letzte Thatsache zu beweisen, dafs Kali eine schwächere thermische Base sey als Kalk oder Talkerde; allein bei näherer Betrachtung zeigt sich, dafs ein solcher Schlufs wenigstens voreilig ist. Man mufs sich nämlich erinnern, dafs wir völlig unbekannt sind mit all den chemischen Vorgängen, welche die in Rede stehenden Austausche begleiten. Wir wissen, dafs die austreibende Base vor der Vermischung im Hydratzustande vorhanden war, und dafs nach der Vermischung die ausgetriebene Base in demselben Zustand erhalten wird. Allein wir können auf keine Weise mit Sicherheit entdecken, in welchem Zustand die Basen in den Lösungen ihrer neutralen Salze existirten. Nehmen wir an, sie existirten im Hydratzustande, so drükken die zuvor gegebenen Zahlen genau die bei den chemischen Austauschen entwickelte Wärme aus. Nehmen wir aber an, dafs das Kali sich von dem mit ihm verbundenen Wasser trenne, und andererseits der Kalk sich

während der Versuche mit Wasser verbinde, so werden jene Zahlen das allgemeine Resultat einer Reihe sehr verwickelter Vorgänge seyn. Es können andere Voraussetzungen gemacht werden, aber wir können die Richtigkeit nicht einer derselben erweisen. Nur Eins ist gewifs: dafs, wie auch diese unbekannten Vorgänge beschaffen seyn mögen, sie doch genau ähnlich sind, wenn dieselben Basen angewandt worden. Mithin sind die vorstehenden Versuche hinreichend zu erweisen, dafs bei denselben Basen die aus deren Austausche entspringende Wärme immer dieselbe ist, wenn auch die Zahlen nicht die ganze von dieser Ursache herrührende Temperaturveränderung ausdrücken.

Zu den Umständen, die möglicherweise auf diese Resultate Einflufs haben können, gehören die Temperaturveränderungen, die aus der Auflösung von Salzverbindungen in Wasser entstehen, ein neuerlich von Hrn. Graham untersuchter Gegenstand. Allein, wiewohl es richtig ist, dafs nach dem Austausch ein anderes Salz in der Lösung bleibt, als zuvor in derselben war, so mufs doch bemerkt werden, dafs keins der Salze während des Processes den starren Zustand annimmt, und die erwähnten Temperaturveränderungen hängen wesentlich von dieser Bedingung ab. Aus diesem Grunde, scheint mir, können die aus dem Act der Lösung entspringenden Wärmeeffecte in keiner Weise bei diesen Versuchen in Thätigkeit treten.

Dasselbe allgemeine Princip schliefst beinahe alle thermischen Resultate ein, die ich früher beschrieben habe, als entstehend aus der Wirkung von Basen und verdünnten Säuren auf einander und auf Lösungen neutraler Salze. In Fällen, wo dieselbe Base (wie zuvor erwähnt) Wasser aus einer seiner Verbindungen mit Säuren ausschied, war die entwickelte Wärme beinahe (doch nicht genau) dieselbe. Im Gegentheil, wo kein Basentausch stattfand, war entweder keine oder eine sehr geringe

ringe Temperaturveränderung. Als Beispiel von letzterem erwähne ich die Abwesenheit aller Temperaturveränderung beim Vermischen von Lösungen eines Neutralsalzes und einer wasserhaltigen Säure, die ein saures Salz zu bilden im Stande sind. Zwar hat Hr. Graham kürzlich die Beobachtung gemacht, dafs die Bildung gewisser saurer Sulfate mit einer Temperaturveränderung verknüpft ist; allein die so erzeugte Temperaturverringerung ist, verglichen mit der beim Austausch von Basen entstehenden, von geringerem Betrage. Es hält schwer zu beweisen, dafs wirklich eine Verbindung stattfindet, wenn Lösungen vermischt werden, welche die näheren Bestandtheile einer Säure oder eines Doppelsalzes enthalten. So weit ich indefs den Gegenstand untersucht habe, sind die thermischen Eigenschaften der so gebildeten Lösungen identisch mit denen von Lösungen, die durch Lösen der krystallisirten Säure oder des Doppelsalzes in Wasser gebildet worden sind. Macht man z. B. Lösungen von doppelt- oder vierfachkleesaurem Kali, und fügt genau die zur Neutralisation erforderliche Menge Kali hinzu, so erhält man die gewöhnliche Wärme, die aus dem Austausch von Wasser gegen Kali entsteht.

Ich habe früher gezeigt, dafs eine feste Wärmeentwicklung stattfindet, wenn Lösungen von den gewöhnlichen alkalischen Phosphaten und Arseniaten mit einer Lösung, die noch ein Aequivalent Base enthält, vermischt werden; während keine Temperaturveränderung eintritt, wenn eine Lösung von pyrophosphorsaurem Natron auf ähnliche Weise behandelt wird. Im ersteren Fall wird, wie Hr. Graham gezeigt hat, ein Atom basisches Wasser ersetzt durch ein Atom Alkali; im letzteren Fall ist kein basisches Wasser zugegen.

In den vorstehenden Beobachtungen ist angenommen worden, dafs wenn die Vereinigung zweier Basen mit der Entwicklung einer gewissen bestimmten Wärmemenge verknüpft ist, die Trennung derselben von der Absorption

einer gleichen Wärmemenge begleitet wird. Obgleich dieser Satz in Abstracto sehr wahrscheinlich ist, so erfordert er doch einen directen Beweis durch's Experiment, und es ist um so wichtiger denselben zu liefern, als er, wenn er richtig ist, ein Mittel liefert, die Genauigkeit unserer Resultate zu bestätigen.

Die nun zu beschreibenden Versuche befähigen uns, ihn für eine besondere Reihe von Fällen nachzuweisen. In der That, nehmen wir drei Basen, wie Kali, Kupferoxyd und Wasser, die einander in obiger Ordnung zu verdrängen vermögen, und messen die Temperaturveränderungen, die entstehen, wenn die erste und zweite, die erste und dritte, und die zweite und dritte einander ersetzen, so mufs die Temperaturveränderung, die aus dem ersten Austausch entsteht, gleich seyn den Temperaturveränderungen, die bei den beiden letzteren erzeugt werden. Einige wenige Beispiele werden diefs erläutern.

Die Zahlen-Ausdrücke für die Wärme, welche bei Zersetzung des salpetersauren Wassers durch Kali und durch Kalk entwickelt wird, sind 6°,76 und 7°,20. Der Unterschied dieser Zahlen, —0°,44, deutet an, dafs eine Temperatur-Erniedrigung von diesem Betrage stattfinden müsse, wenn die erstere Base die letztere austreibt. Wie wir vorhin gesehen, ist das Resultat des directen Versuchs = —0°,37. In diesem und den folgenden Fällen sind die Temperaturen nur wegen der Gefäfse berichtigt, weil ich die specifischen Wärmen der Metalllösungen nicht bestimmte; der aus diesem Umstand entspringende Fehler in dem Vergleich ist ganz unbedeutend.

Bei zwei Versuchen, bei denen schwefelsaures Wasser durch Kali zersetzt wurde, war die entwickelte Wärme 7°,24 und 7°,22. Dieselbe Verbindung durch Ammoniak zersetzt, gab in drei Versuchen 6°,40; 6°,53 und 6°,51. Der Unterschied der Mittel dieser Zahlen ist +0°,74. Der directe Versuch gab bei einem Versuch +0°,75, bei einem anderen +0°,78.

Die Zahl für die Wärmeentwicklung für den Austausch von Zinkoxyd gegen Wasser in schwefelsaurem Wasser ist 5°,40; diese von 7°,22 abgezogen, hinterläſst 1°,82 für die Wärme bei Fällung des Zinkoxyds durch Kali. Der directe Versuch gab 1°,87.

Zur Bestimmung der Wärme, die bei Ersetzung der Base des schwefelsauren Wassers durch Kupferoxyd frei wird, wurden zwei Versuche gemacht. Bei einem derselben wurde das Oxyd als Hydrat genommen, bei dem andern im wasserfreien Zustande, wie man es durch Fällung einer heiſsen Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd mit Kali erhält. Die Resultate stimmten sehr nahe mit einander, und waren 3°,52 und 3°,53. Zieht man das Mittel dieser Zahlen von 6°,76 ab, so erhält man 3°,23 als Ausdruck der Wärme, die beim Austausch von Kupferoxyd gegen Kali frei wird. Der directe Versuch gab 3°,08.

Mit Talkerde- oder Bleisalzen läſst sich ein solcher Vergleich nicht anstellen, weil, wenn deren Lösungen durch Kali gefällt werden, nur ein unvollkommener Austausch stattfindet.

Vergleichen wir in ähnlicher Weise die übrigen Resultate, welche in dem zuvor erwähnten Aufsatz erhalten wurden, so ergiebt sich, daſs die Unterschiede zwischen Theorie und Erfahrung selten 0°,3 übersteigen, — gewiſs eine groſse Annäherung, wenn man die Mangelhaftigkeit des früher angewandten Verfahrens und die groſse Schwierigkeit, mit unlöslichen Basen genaue Resultate zu erhalten, in Betracht zieht.

Es mag bemerkt seyn, daſs in der Wärmeentwicklung bei Lösung von Zink- und Kupferoxyd, je nachdem sie wasserhaltig oder wasserfrei sind, ein beträchtlicher Unterschied vorhanden ist, der es wahrscheinlich macht, daſs bei Verbindung dieser Basen mit Wasser eine bedeutende Wärmeentwicklung stattfindet.

Die vorstehenden Versuche scheinen mir hinreichend,

die Genauigkeit des schon genannten allgemeinen Satzes festzustellen, dafs, wenn eine Base eine andere aus irgend einer ihrer neutralen Verbindungen verdrängt (alle im Zustande verdünnter Lösungen genommen) die Wärmeentwicklung immer dieselbe ist bei denselben Basen, aber im Allgemeinen verschieden bei verschiedenen Basen. Die kleinen Abweichungen von diesem Gesetz bei den gewöhnlichen Basen sind nicht gröfser, als wir sie bei anderen Untersuchungen über die Wärme beobachten; und ich habe zuvor manche Umstände angegeben, welche einige dieser Abweichungen erklären. Die bei Zersetzung der Salze von Wasser erhaltenen Resultate zeigen merkwürdigere Anomalien, wie ich früher dargethan habe. Von diesen verdient besonders hervorgehoben zu werden: die gröfsere Wärmeentwicklung bei Neutralisation der verdünnten Schwefelsäure durch alkalische Lösungen; sie bleibt noch unerklärt. Die Anomalien, welche Kupferoxyd und Cyanwasserstoffsäure darbieten, habe ich zum Theil auf ihren Ursprung zurückgeführt. Allein die übrigen Resultate kommen einander so nahe, dafs kein Zweifel übrig bleiben kann, es gelte für die Zersetzung der Salze des Wassers dasselbe Princip so gut wie für die der Salze anderer Basen.

Einen Zusammenhang zu finden zwischen den beobachteten Wärmeentwicklungen und irgend einer anderen Eigenschaft der Basen, ist mir nicht geglückt. In der folgenden Liste habe ich die bisher untersuchten Basen, geordnet nach ihren thermischen Resultaten, zusammengestellt, und neben jede die Zahl gesetzt, welche bei Zersetzung ihrer Salze durch Kali die erfolgende Temperaturveränderung ausdrückt.

CaO	—0°,36 F.	ZnO	+1°,74 F.
BaO	0 ,00	HgO	+1 ,86
SrO	0 ,00	PbO	+2 ,82
NaO	+0 ,08	CuO	+3 ,00
AdH_2O	+0 ,74	AgO	+3 ,99
MnO	+1 ,07	Fe_3O	+4 ,09.
FeO	+1 ,60		

Zusatz. Ueber die Bestimmung der specifischen Wärme von Flüssigkeiten.

Die genaue Bestimmung der specifischen Wärme von Flüssigkeiten ist für alle mit der Verbindungswärme zusammenhängenden Untersuchungen von solcher Wichtigkeit, dafs ich mir viele Mühe gegeben habe, gröfsere Einfachheit und Genauigkeit in die bisher zu diesem Zwecke angewandten Methoden zu bringen. Das Verfahren, welches ich beschreiben will, ist eine Abänderung von dem, welches Hr. Regnault bei seinen schätzbaren Untersuchungen über die specifische Wärme einfacher und zusammengesetzter Körper befolgt hat, und ich verdanke auch diesem genauen Physiker die Kenntnifs der wichtigsten Vorsichtsmafsregeln, die bei Untersuchungen dieser Art zu treffen sind.

Das allgemeine Princip der folgenden Methode besteht darin, dafs man die Temperaturanwüchse beobachtet, welche Wasser und die zu untersuchende Flüssigkeit zeigen, wenn darin ein heifser Körper erkaltet. Statt indefs, wie gewöhnlich geschah, eine heifse Metallkugel zu nehmen, deren Temperatur im Moment der Eintauchung nicht absolut genau bekannt seyn kann, nahm ich ein Thermometer mit sehr grofsem Behälter, so eingerichtet, dafs das Quecksilber nicht eher in dem Stiel erscheint, als bis es nahe zum Siedpunkt des Wassers erhitzt ist. Der cylindrische Behälter hatte ungefähr zwei Zoll in Länge und einen halben Zoll im Durchmesser. Auf dem Stiel ist eine Marke, entsprechend dem Punkt 201° F., welcher etwa anderthalb Zoll über dem Behälter liegt. Diefs Instrument läfst sich mittelst eines sehr einfachen Apparats leicht so weit erhitzen, dafs das Quecksilber etwas über die Marke steigt.

Das Erste bei diesem Verfahren ist, dafs man den thermischen Werth des Behälters und eines kleinen daranstofsenden Stücks des Stiels genau in Wasser ausdrücke. Zu dem Ende bringt man ein gewisses Gewicht Wasser

in ein cylindrisches Gefäfs von dünnem Messing, welches in einem gröfseren Gefäfs von Weifsblech hängt. In dem Wasser hängt ein sehr empfindliches (leicht bis $\frac{1}{50}$ Grad ablesbares) Thermometer mit langem cylindrischen Behälter, und das Ganze ist so eingerichtet, dafs die anfängliche Temperatur der Flüssigkeit etwa 5° unter der der umgebenden Luft liegt.

Der Beobachter, nachdem er das Wasser im Messinggefäfs mit einem sehr leichten Glasstab umgerührt hat, liest die Temperatur laut ab, die, nebst der Zeit, von einem Gehülfen aufgezeichnet wird. Dann hebt der erstere das grofse Thermometer aus dem Heizapparat (dessen störender Einflufs durch einen hölzernen Schirm sorgfältig abgehalten ist), und wartet, es in gehöriger Entfernung von dem Wasser haltend, den Augenblick ab, wo das Quecksilber die Marke erreicht, worauf er es sogleich eintaucht. Die Zeit der Eintauchung wird wieder aufgezeichnet, und das Ganze $3\frac{1}{2}$ Minuten sanft in der Flüssigkeit herum bewegt. Da die Temperatur der letzteren nun immer ihr Maximum erreicht hat, so wird der neue Stand des Thermometers beobachtet. Die Endtemperatur läfst man niemals höher als 2° über die der Luft steigen.

Wenn alle obige Bedingungen erfüllt worden, so sind die Berichtigungen wegen des erwärmenden und erkältenden Einflusses der Luft sehr klein; doch dürfen sie nicht vernachlässigt werden. Für jeden (Fahrenheit'schen) Grad Ueberschufs fand sich die Erwärmung = 0°,01 pro Minute, und da zwischen der Beobachtung der Anfangstemperatur und dem Eintauchen des erhitzten Instruments gewöhnlich 10 bis 20 Secunden verflossen, so war die Berichtigung für diese Beobachtungszeit leicht gemacht. Es ward angenommen, dafs während der ersten Minute nach der Eintauchung der erwärmende und der erkältende Procefs einander aufwögen; und für die letzten $2\frac{1}{2}$ Minuten wurde die Berichtigung in der Hypothese

gemacht, dafs die Flüssigkeit sich während dieser Periode auf dem Endmaximum befinde. Für jeden Grad (Temperatur-) Ueberschufs fand sich die Erwärmung $=0^{\circ},012$ pro Minute, wenn die Flüssigkeit in beständiger Bewegung gehalten wurde.

Kennt man das Gewicht des Wassers, den Wasserwerth der verschiedenen Theile des Instruments, die vom Wasser gewonnene und vom Instrument verlorne Temperatur, so besitzt man alle nöthigen Data zur Berechnung des thermischen Werthes des letzteren, ausgedrückt in Wasser.

Wiederholt man denselben Versuch mit einem gleichen Volum der Flüssigkeit, deren specifische Wärme bestimmt werden soll, so erhält man den thermischen Werth desselben Instruments, ausgedrückt in der Flüssigkeit. Aus diesen Werthen läfst sich die specifische Wärme berechnen. Ein gleiches Volum von der Flüssigkeit wurde angewendet, um das Instrument in allen Fällen bis genau zur selben Tiefe einzutauchen, und aus demselben Grunde wurde es immer senkrecht in die Flüssigkeit getaucht, und in dieser Stellung beim Umrühren erhalten. Bevor man das endliche Resultat berechnet, ist es nöthig ein angenähertes zu haben, damit man den thermischen Werth des Messinggefäfses etc. ausgedrückt in der Flüssigkeit finden könne. Diefs ist ohne merklichen Fehler leicht in Praxis gethan. Wenn die specifische Wärme der Flüssigkeit bedeutend von der des Wassers abweicht, so mufs die Berichtigung wegen des erwärmenden und erkältenden Einflusses der Luft auch abgeändert werden.

Die Gewichte der verschiedenen Theile des Instruments und deren Wasserwerthe waren folgende:

Quecksilber im Thermometerbehälter, durch welches der Temperaturanwuchs gemessen wurde, 300 Gr. ×0,033	9,9
Glas des Behälters und des eingetauchten Stücks vom Stiel 24 Gr. ×0,14	3,3
Gläserner Röhrstab 20 Gr. ×0,14	2,8
Messinggefäfs 420 Gr. ×0,094	39,5
Wasserwerth des ganzen Apparats	55,5

Der Werth des Apparats, ausgedrückt in den folgenden Lösungen, ist 57,0 Gran.

Nennen wir nun:

D den Unterschied zwischen 201° F. und der Endtemperatur der Flüssigkeit oder die vom Instrument verlorne Wärme; — *e* den Ueberschufs der Endtemperatur über die der Luft; — *I* den beobachteten Temperaturanwuchs, — I_c den berichtigten Anwuchs; — *F* das Gewicht der Flüssigkeit; *V* den Werth des Apparats ausgedrückt in der Flüssigkeit; — *X* den Werth des Instruments, ausgedrückt in der Flüssigkeit,

so finden wir:

Destillirtes Wasser.

	I.	II.	III.	IV.	V.
D	132°,0	131°,7	132°,8	132°,5	132°,8
e	1 ,1	0 ,3	0 ,4	1 ,4	2 ,2
I	6 ,38	6 ,45	6 ,46	6 ,40	6 ,40
I_c	6 ,39	6 ,44	6 ,45	6 ,43	6 ,45
F	1234,5	1234,5	1234,5	1234,5	1234,5
V	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5
X	62,45	62,60	62,65	62,60	62,65

Mittlerer Werth in Wasser = 62°,59.

Lösung von schwefelsaurem Kali.

(100 Th. enthalten 2,18 Salz.)

	I.	II.	III.
D	131°,8	132°,2	132°,4
e	1 ,3	1 ,1	1 ,0
I	6 ,38	6 ,42	6 ,45
I_c	6 ,41	6 ,43	6 ,46
F	1264,5	1264,5	1264,5
V	57,0	57,0	57,0
X	64,27	64,28	64,48.

Mittelwerth in Lösung = 64,34; spec. Wärme = 0,973.

Lösung von salpetersaurem Kali.
(100 Th. enthalten 2,53 Salz.)

	I.	II.	III.
D	135°,8	135°,5	135°,7
e	1 ,1	1 ,4	1 ,0
I	6 ,59	6 ,56	6 ,57
I_c	6 ,60	6 ,59	6 ,58
F	1264,5	1264,5	1264,5
V	57,0	57,0	57,0
X	64,23	64,27	64,08.

Mittelwerth in Lösung =64,19; spec. Wärme =0,975.

Lösung von Chlorkalium.
(100 Theile enthalten 1,86 Salz.)

	I.	II.	III.	IV.
D	132°,8	132°,4	132°,3	132°,4
e	1 ,6	1 ,6	1 ,6	1 ,6
I	6 ,45	6 ,43	6 ,42	6 ,43
I_c	6 ,48	6 ,46	6 ,45	6 ,46
F	1264,5	1264,5	1264,5	1264,5
V	57,0	57,0	57,0	57,0
X	64,48	64,48	64,43	64,48.

Mittelwerth in Lösung =64,47; spec. Wärme =0,971.

Lösung von essigsaurem Kali.
(100 Th. enthalten 2,45 Salz.)

	I.	II.	III.
D	133°,5	132°,9	133°,1
e	1 ,8	2 ,1	1 ,8
I	6 ,46	6 ,44	6 ,46
I_c	6 ,50	6 ,49	6 ,50
F	1264,5	1264,5	1264,5
V	57,0	57,0	57,0
X	64,34	64,53	64,54.

Mittelwerth in Lösung =64,47; spec. Wärme =0,971.

III. *Methode zur Bestimmung der entwickelten Wärmemengen auf nassem Wege; von Hrn. Hefs.*

(*Bullet. de la classe physico-math. de l'acad. de St. Petersb., T. IV, p.* 34.)

1) Seit die Frage über die bei chemischen Verbindungen entwickelten Wärmemengen durch die ihr von der Pariser Academie geschenkte Aufmerksamkeit ein neues Gewicht erlangt hat, konnte Niemand mehr als ich interessirt seyn, das erste Gesetz, welches ich über die vielfachen Wärmeproportionen aufgestellt hatte, auf eine strenge Weise zu bestätigen. Ich unterwarf es zahlreichen Prüfungen, und kam dabei auf eine allgemeine Methode zur Bestimmung der bei chemischen Verbindungen entwickelten Wärmemengen auf nassem Wege.

2) Gesetzt man habe als Ausgangspunkt eine Substanz, die mehre Hydrate zu bilden vermag, z. B. Schwefelsäure. Man nehme von jedem dieser Hydrate ein solches Gewicht oder Volum, dafs sie alle eine gleiche Menge wasserfreier Säure enthalten. Man bestimmt darauf die Wassermenge, die nöthig ist, um jedes der Hydrate auf einen festen, für alle gleichen, Gehalt zurückzuführen. Nach diesen Vorbereitungen nehme man an, dafs die durch das Zeichen + verknüpften Formeln die Quantitäten und die Natur der zu verbindenden Substanzen vorstellen, und dafs diese Substanzen sich auf gleicher Temperatur befinden. Gesetzt

$\dot{H}\dddot{S}+21\dot{H}$ entwickele Wärme *A*
$\dot{H}^2\dddot{S}+20\dot{H}$ - - - *B*
$\dot{H}^3\dddot{S}+19\dot{H}$ - - - *C*
$\dot{H}^6\dddot{S}+16\dot{H}$ - - - *D*.

Bezeichnet man nun durch M das Gemenge oder die entstandene Verbindung, durch c die specifische Wärme der Flüssigkeit und durch t die Temperaturzunahme, so haben wir für die Wärmemengen A, B, C:

$$Mct = A$$
$$Mct_1 = B$$
$$Mct_2 = C$$

und da unter den Bedingungen der Anstellung des Versuchs die Werthe M und c constant bleiben, so hat man:

$$A : B : C = t : t_1 : t_2,$$

was darauf zurückkommt, dafs die entwickelten Wärmemengen den Temperaturanwüchsen proportional sind.

Um die Werthe von A, B, C (was Wärmemengen sind) zu erhalten, mufs man den Werth von c oder die specifische Wärme kennen. Dahin gelangt man folgendermafsen. M besteht in jeder Gleichung aus zwei Gröfsen, deren eine die Säure und deren andere das Wasser ist; erstere bezeichnen wir mit α, letztere mit β. Für die entwickelte Wärme haben wir, angenommen α und β seyen auf derselben Anfangstemperatur:

$$(\alpha + \beta)\, t\, c = A.$$

Wiederholt man nun den Versuch bei einer andern Temperatur von β, so addirt oder subtrahirt man nach Belieben eine bestimmte Wärmemenge. Sey $\beta\tau$ diese Menge. Wir haben dann, vorausgesetzt die Säure α sey bei derselben Temperatur wie im vorhergehenden Versuch genommen:

$$(\alpha + \beta) c t' = (\alpha + \beta) c t - \beta\tau;$$

da t und t' die Unterschiede zwischen der Anfangstemperatur der Säure und der Endtemperatur des *Gemisches* sind, so wird man haben:

$$c = \frac{\beta\tau}{(\alpha + \beta)(t - t')}.$$

Man darf sich nicht begnügen, c blofs für den Werth von A zu bestimmen; es mufs für jede Gleichung geschehen. Alle diese Werthe müssen übereinstimmen, und somit einen Beweis von der Richtigkeit der erhal-

tenen Resultate geben, wie sie auch zugleich zur Auffindung der wahrscheinlichen Fehlergränze dienen.

3) Uebersetzt man den Ausdruck $(\alpha+\beta)tc=A$ in

$$(\dot{H}^6\dddot{S}+19\dot{H})tc=Mtc,$$

so bemerkt man, dafs die specifische Wärme der Elemente nicht angegeben ist. Die specifische Wärme des Wassers bedarf dessen nicht, da sie zur Einheit angenommen ist; allein die der Säure werden wir mit c' angeben. Wir sahen so eben, wie man den Werth von c bestimmen konnte; wir werden also voraussetzen, der Ausdruck $(\dot{H}^{12}\dddot{S}.c'+13\dot{H})tc$ sey $=A$ und enthalte nur die Unbekannte c'. Man mufs sich wohl hüten aus dieser algebraischen Gleichung den Werth von c' zu ziehen, denn diefs schlösse eine Hypothese ein. (Ein ähnlicher Fehler wurde von Rudberg begangen, ohne dafs er gerügt worden wäre; Poggendorff's Annalen, Bd. 35, S. 474.) Hier war der Versuch so eingerichtet, dafs $M=\dot{H}^{25}\dddot{S}$; richten wir uns aber so ein, dafs M zuletzt $\dot{H}^{12}\dddot{S}$ sey, so wird man z. B. haben $(\dot{H}^6\dddot{S}c''+6\dot{H})t'c'=A'$. Man wird also den Werth von c' bestimmen, wie es eben angegeben worden. Man geht hierauf zum Werth von c'' zurück, sofern es mit der Leichtigkeit der Ausführung verträglich ist, und gelangt so mit bekannter Genauigkeit zu der Relation zwischen c, c', c'', d. h. zu der Relation zwischen den specifischen Wärmen einer Säure von verschiedenen Concentrationsgraden.

4) Wenn die von den Formeln der §. 2 angegebenen Mengen von Säure und Wasser so gewählt werden, dafs man bei zweckmäfsigem Operiren Multipla der Wärmemengen bekommt, so wird man, wenn man die kleinste Menge a nennt, in Bezug auf jede Säure die folgenden Multipla haben:

$$\dot{H}\,\dddot{S}=5a$$
$$\dot{H}^2\dddot{S}=3a$$
$$\dot{H}^3\dddot{S}=2a$$
$$\dot{H}^6\dddot{S}=a.$$

Gesetzt nun, dafs man, statt genau die erforderliche Wassermenge zu nehmen, deren mehr oder weniger genommen habe.

Im ersten Fall hat man zu der Gröfse a eine gewisse Wärmemenge x hinzuzufügen. Allein nach den Bedingungen des Versuchs bleibt diese Menge nicht dieselbe für alle angegebenen Wässerungsstufen, und man hat $5a+x$, $3a+x$, $2a+x$ und $a+x$, so dafs, wenn man die daraus entstehenden Gleichungen zu je zwei combinirt, die Werthe von a und x daraus herleiten kann. Da man aber immer denselben Werth von x erhalten mufs, so dient diefs zur *Prüfung der Genauigkeit der Versuche.* Diese Prüfungsweise ist weniger mühsam als die der specifischen Wärme.

Wie man sieht ist es *unerläfslich so zu arbeiten, dafs das definitive Gemisch immer von gleichem Gehalte sey.* Sich von dieser Regel entfernen, ist ein grober Fehler, den man nicht durch Rechnung verbessern kann.

Man wird also bemerken: wenn die Wassermenge gröfser ist als sie seyn mufs, um genaue Multipla von Wärmemengen zu bekommen, *so sind alle vom Versuch gelieferten Wärmemengen zu grofs in Bezug auf die folgenden, von der schwächsten Säure ausgegangen.* Das Gegentheil findet statt, wenn die Wassermenge zu gering ist.

Es ist überflüssig zu bemerken, dafs eine analoge Methode, wie die oben auseinandergesetzte auch für die Wärmemengen gilt, die bei Sättigung von Säuren durch Alkalien entwickelt werden, vorausgesetzt, dafs man eine Säure nehme, deren Wässerungsstufen wohl studirt worden sind.

Ich stelle das Endergebnifs einiger Versuche hieher, um später für diesen Gegenstand wesentliche Betrachtungen daran zu knüpfen.

	t	c	Entwickelte Wärme.
$\dot{H}\,\dddot{S}+21\dot{H}$	37,2		205,01
$\dot{H}^2\dddot{S}+20\dot{H}$	22,4		123,44
$\dot{H}^3\dddot{S}+19\dot{H}$	15,1	0,8642	83,181
$\dot{H}^6\dddot{S}+16\dot{H}$	7,5	0,8645	41,33.

Bemerkung. Die entwickelte Wärme ist auf ein Gramm voraussetzlich wasserfreier Säure bezogen. Man macht $M = 4481,0$ Grm. und $Mc = 3874$. Der Wasserwerth des Glasgefäſses ist $= 285$.

Bei einer anderen Reihe von Versuchen, die ich eigens zum Studium der vorgeschlagenen Methode machte, die ich aber, was die absolute Wärmemenge betrifft, für nicht so genau halte, weil die angewandte Säure etwas Stickstoffoxyd enthielt, bekam ich 41,21 als Einheit für die Säure $\dot{H}^6 \dddot{S}$ und die folgende specifische Wärme, für

		c
$\dot{H}^2 \dddot{S}$ zurückgeführt auf $\dot{H}^{24} \dddot{S}$		0,8907
$\dot{H}^3 \dddot{S}$	- - - -	0,8937
dito	- - - -	0,8916
$\dot{H}^6 \dddot{S}$	- - - -	0,8925
$\dot{H}^{12} \dddot{S}$	- - - -	0,8943
dito	- - - -	0,8943
	Mittel	0,89286.

Ich glaube, daſs die erhaltenen Resultate mit aller Sicherheit bei den thermo-chemischen Rechnungen angewandt werden können. Und wenn, wie ich zu glauben geneigt bin, die Versuche des Hrn. **Abria** mit wasserfreier Säure keinen zu groben Fehler einschlieſsen, so kann man annehmen, daſs das erste Aequivalent Wasser drei Mal so viel Wärmemenge entwickelt als das zweite. Alsdann sind die Zahlen:

$\dddot{S} + \dot{H}$	247,98
$\dot{H}\ \dddot{S} + \dot{H}$	82,66
$\dot{H}^2 \dddot{S} + \dot{H}$	41,33
$\dot{H}^3 \dddot{S} + 3\dot{H}$	41,33
$\dddot{S} + 6\dot{H}$	$413,30 = 10 . 41,33.$

Da ich bei Veröffentlichung dieser Methode den Zweck habe zu zeigen, daſs jede Untersuchung über die Wärmemenge wenigstens auf nassem Wege einer strengen Prüfung unterworfen werden kann, so ist zu wünschen, daſs künftig jede neue Arbeit die nöthigen Data zur Feststellung ihres Genauigkeitsgrades enthalte.

IV. *Ueber eine Reihe von Doppelsalzen aus Quecksilberoxydul und Quecksilberoxyd; von Thomas Brooks.*

Das Quecksilberoxydul bildet mit dem Quecksilberoxyd eine Reihe von basischen Doppelsalzen. Von diesen ist bisher nur das salpetersaure Salz bekannt gewesen, aber hinsichtlich seiner Zusammensetzung nicht richtig erkannt worden.

Salpetersaures Quecksilberoxydul-Oxyd.

Das salpetersaure Quecksilberoxydul, sowohl das neutrale als das basische, sind im krystallisirten Zustande bekanntlich von weifser Farbe. Bewahrt man sie indessen längere Zeit unter der Flüssigkeit auf, in welcher sie sich gebildet haben, so werden sie nach und nach gelb. Das gelbe Salz, das sich auf diese Weise durch die Länge der Zeit bildet, verdankt seine Entstehung einer theilweisen höheren Oxydation. Das gebildete Oxyd verbindet sich mit unzersetztem Oxydul zu einem basischen Doppelsalze. Dafs dieses gelbe Doppelsalz sich schnell unter Abscheidung von Quecksilber durch Kochen des basischen und des neutralen salpetersauren Quecksilberoxyduls mit Wasser erzeugt, ist vor längerer Zeit von Hrn. H. Rose bemerkt worden [1]).

Man kann das gelbe Doppelsalz sehr rein und von immer gleicher Zusammensetzung nach einer Vorschrift erhalten, welche mir Hr. Wittstock mitgetheilt hat. Man bringt in einem sehr geräumigen Medicinglase in einem Sandbade 1 Theil Quecksilber, etwa $\frac{1}{2}$ Pfund, mit $1\frac{1}{2}$ Theile oder $\frac{3}{4}$ Pfund reiner Salpetersäure vom spec. Gewicht 1,2, zum Kochen, und erhält das Ganze im

2) Poggendorff's Annalen, Bd. 54, S. 121.

Kochen, bis das Quecksilber vollständig von der Säure aufgelöst worden ist, wozu ungefähr drei Stunden erforderlich sind. Schon während dieser Zeit fängt das gelbe Salz an sich abzusetzen. Nach dem vollständigen Auflösen des Quecksilbers erhält man das Ganze in einer Temperatur, die dem Kochen nahe ist, während welcher Zeit sich eine bedeutende Menge des Salzes absondert. Man giefst darauf die Mutterlauge ab, befreit das Salz von aller Flüssigkeit durch Löschpapier und prefst es damit. Die Mutterlauge ferner erhitzt, läfst noch mehr des gelben Salzes während des Erhitzens fallen, welche man auf dieselbe Weise absondert. Endlich aber setzt sich das gelbe Salz, mit einem weifsen gemengt, ab, das basisch salpetersaures Quecksilberoxydul ist.

Man erhält nach dieser Vorschrift das Salz immer von derselben Beschaffenheit; es ist indessen nothwendig, dafs man die angegebenen Verhältnisse genau beobachtet. Besonders aber ist erforderlich, dafs die Salpetersäure genau das richtige spec. Gewicht habe, und vollkommen rein sey.

Das Salz ist wasserfrei; es enthält nur etwas Decrepitationswasser, das es vollständig verliert, wenn es im zerriebenen Zustande längere Zeit der Temperatur des kochenden Wassers ausgesetzt wird, wodurch es nicht verändert wird. Die Farbe des Salzes wird nur tiefer gelb beim Erhitzen; beim Erkalten aber ist die Farbe dieselbe wie vor dem Erhitzen.

Man kann das Salz nach und nach einer Temperatur von sogar 200° C. aussetzen, ohne dafs es bedeutend verändert wird. 7,01 Grm. des Salzes wogen

bei 116° C.	7,01 Grm.
bei 132° -	7,0085 -
bei 140° -	7,0085 -
bei 170° -	7,0075 -
bei 180° -	7,0055 -
bei 200° -	6,999 -

bei dieser Temperatur nahm es eine oranienrothe Farbe an, wurde aber beim Erkalten doch fast so gelb wie vorher.

Bei 220 wog es 6,990; sehr lange dieser Temperatur ausgesetzt 6,982, und endlich erst bei 260° entwikkelte sich salpetrichte Säure. Das Salz nahm eine stark dunkelrothe Farbe an, aber nach dem Erkalten konnte man bemerken, dafs einige Stellen noch ihre gelbe Farbe behalten hatten. Einer etwas stärkeren Hitze ausgesetzt, giebt es sehr reines Quecksilberoxyd.

Dafs im gelben Salze Quecksilberoxydul, verbunden mit Quecksilberoxyd, im basischen Zustande enthalten sey, kann durch bekannte einfache Versuche leicht bewiesen werden. Reibt man das Salz mit Chlornatrium zusammen, so wird es nach und nach braunroth. Setzt man Wasser hinzu und filtrirt das Aufgelöste vom Unaufgelösten, so findet man in der filtrirten Flüssigkeit durch Schwefelwasserstoffwasser die Gegenwart von Quecksilberoxyd. Uebergiefst man das Unaufgelöste mit sehr verdünnter Chlorwasserstoffsäure, so löst diese Quecksilberoxyd auf, und hinterläfst Quecksilberchlorür ungelöst.

Durch kaltes Wasser wird das gelbe Salz nicht verändert. Wird es aber beim Zutritt der Luft mit Wasser lange und anhaltend gekocht, während das verdampfte Wasser von Zeit zu Zeit erneuert wird, so bleibt salpetersaures Quecksilberoxydul in der Auflösung, während Quecksilberoxyd und metallisches Quecksilber abgeschieden werden.

Wird hingegen das gelbe Salz lange und anhaltend in einem Kolben beim Ausschlufs der Luft gekocht, so wird das Salz nicht schwarz. Es entwickelt sich dabei kein Gas, selbst wenn das Kochen zwei Stunden hindurch fortgesetzt worden ist. Die Auflösung enthält dann nur salpetersaures Quecksilberoxyd, das auflöslicher als das Oxydulsalz ist, mit einer Spur von salpetersaurem Quecksilberoxydul. Wäscht man darauf das Salz aus,

so enthält das Waschwasser Oxyd und Oxydul, und im Rückstande bleiben ebenfalls beide Oxyde mit Salpetersäure verbunden zurück.

Behandelt man das Salz mit einer Auflösung von Kalihydrat, so enthält die von den Oxyden filtrirte Flüssigkeit, aufser freiem Kali, nur salpetersaures Kali, das man in deutlichen und grofsen Krystallen erhalten kann.

Wird das Salz im trocknen gepulverten Zustande in einem Reagenzglase mit concentrirter Schwefelsäure in der Kälte übergossen, so erfolgt zuerst keine Veränderung. Es entwickelten sich darauf sparsam farblose salpetersaure Dämpfe, nur durch die Nebel bemerkbar, die sie an einem darüber gehaltenen, mit Ammoniakflüssigkeit benetzten Glasstab hervorbringen. Nach ungefähr 24 Stunden hat sich Alles in eine weifse Salzmasse verwandelt. Erhitzt man nun das Ganze, so wird die ausgeschiedene Salpetersäure durch den Ueberschufs der hinzugesetzten Schwefelsäure zersetzt, und es zeigen sich röthliche Dämpfe, doch ziemlich sparsam.

Aus diesen Versuchen ergiebt sich, dafs die Säure des Salzes Salpetersäure sey, und keine niedrigere Oxydationsstufe des Stickstoffs.

Die Menge des Oxyduls wurde im Salze bestimmt, indem eine gewogene Menge desselben mit sehr verdünnter Chlorwasserstoffsäure in der Kälte behandelt wurde. Es bildete sich dadurch Quecksilberchlorür, das man auf einem gewogenen Filtrum abschied. Aus der getrennten Flüssigkeit wurde vermittelst Schwefelwasserstoffgas das aufgelöste Quecksilberchlorid in Schwefelquecksilber verwandelt, dessen Gewicht bestimmt, und daraus die Menge des Oxyds im Salze berechnet wurde.

Die Resultate meiner Versuche sind folgende:

1) 4,1460 Grm. des getrockneten Salzes gaben 2,1135 Grm. Quecksilberchlorür und 1,9445 Grm. Schwefelquecksilber.

2) 0,906 des Salzes gaben 0,4495 Grm. Chlorür und 0,4330 Grm. Schwefelquecksilber.

3) 1,024 Grm. gaben 0,4925 Grm. Chlorür und 0,5105 Grm. Schwefelquecksilber.

4) 0,9762 Grm. gaben 0,471 Grm. Chlorür und 0,4665 Grm. Schwefelquecksilber.

Die in Procenten berechneten Mengen von Oxydul und Oxyd sind folgende:

	I.	II.	III.	IV.
Quecksilberoxydul	45,10	43,89	42,55	42,69
Quecksilberoxyd	43,66	44,49	46,41	44,49.

Das Mittel aus diesen vier Versuchen ist:

		Sauerstoffgehalt.	
Quecksilberoxydul	43,55	1,65	1
Quecksilberoxyd	44,76	3,27	2.

Bei dem ersten von diesen Versuchen erhielt ich, bei der bedeutenden Menge des angewandten Salzes etwas zu viel Quecksilberchlorür, weil etwas von dem Salze bei der Behandlung mit sehr verdünnter Chlorwasserstoffsäure unzersetzt blieb. Es ist, um ein genaueres Resultat zu erhalten nothwendig, wenig von dem Salze zur Untersuchung anzuwenden, weil eine zu grofse Menge des erhaltenen unlöslichen Chlorürs eine geringe Menge des Salzes gegen die Einwirkung der sehr verdünnten Säure schützen kann. Andererseits ist es durchaus nothwendig, wie es sich von selbst versteht, bei der Zersetzung des Salzes jede, selbst eine sehr gelinde Erwärmung zu vermeiden, weil sich dadurch leicht Quecksilberchlorid und salpetersaures Oxyd bilden kann. In der That erhielt ich, als ich das Salz mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure übergossen hatte, und das Ganze in die Röhre eines mäfsig erhitzten Stubenofens setzte, eine höchst geringe Menge Chlorür, die nur 2,26 Proc. Oxydul entsprach, dahingegen eine sehr grofse Menge von Schwefelquecksilber, welche 89,24 Proc. Oxyd gleich kam.

Statt das Oxyd als Schwefelquecksilber zu bestimmen, suchte ich es bei andern Analysen vermittelst einer

Auflösung von ameisensaurem Natron in Quecksilberchlorür zu verwandeln. Diese Methode der Bestimmung glückte mir aber nicht. Ich habe länger als acht Tage die Auflösung des Chlorids mit ameisensaurem Natron digerirt; aber die vom gebildeten Chlorür abfiltrirte Flüssigkeit enthielt noch viel Chlorid aufgelöst, welches sich auch nach längerer Zeit selbst durch stärkeres Erhitzen fast bis zum Kochen nicht vollständig in Chlorür verwandelte. Ich kann nicht die Ursache des Mifslingens dieses Versuchs angeben. — Ich erhielt aus 2,8792 Grm. des bei 100° getrockneten salpetersauren Salzes, durch verdünnte Chlorwasserstoffsäure 1,450 Grm. Quecksilberchlorür, 44,55 Proc. Quecksilberoxydul entsprechend; darauf durch ameisensaures Natron noch 1,0645 Grm. Chlorür, und endlich, als sich aus der Flüssigkeit kein Chlorür durch ferneres Behandeln mit ameisensaurem Natron mehr absetzen wollte, noch 0,3015 Grm. Schwefelquecksilber vermittelst Schwefelwasserstoffgas. Jene Menge von Chlorür und diese Menge von Schwefelquecksilber entsprechen zusammen 43,70 Proc. Quecksilberoxyd.

Die Menge der im gelben Salze enthaltenen Salpetersäure wurde bei einem Versuche vermittelst Baryterdehydrat gefunden, welches mit dem fein gepulverten Salze und etwas Wasser lange und anhaltend digerirt wurde. In der filtrirten Flüssigkeit wurde die überschüssige Baryterde durch Kohlensäuregas entfernt, und darauf die salpetersaure Baryterde dem Gewichte nach bestimmt. Das erhaltene Resultat war aber weniger genau, als das, welches ich bei Anwendung von kohlensaurer Baryterde erhielt, mit welcher ich das gepulverte Salz, nach Hinzufügung einer hinreichenden Menge von Wasser, längere Zeit digerirte. Die filtrirte Auflösung wurde mit Schwefelsäure versetzt, und aus dem Gewichte der erhaltenen schwefelsauren Baryterde das der Salpetersäure berechnet.

Das Resultat der Versuche war folgendes:

1) 4,956 Grm. des Salzes mit Baryterdehydrat behandelt, gaben 1,5005 Grm. salpetersaurer Baryterde.

2) 3,8005 Grm. vom Salze, mit kohlensaurer Baryterde (wie die folgenden) behandelt, gaben 0,9125 Grm. schwefelsaurer Baryterde.

3) 2,3885 Grm. gaben 0,565 Grm. schwefelsaurer Baryterde.

4) 2,909 Grm. gaben 0,664 Grm. schwefelsaurer Baryterde.

5) 1,9935 Grm. gaben 0,470 Grm. schwefelsaurer Baryterde.

Diefs entspricht folgenden Procenten von Salpetersäure:

I.	II.	III.	IV.	V.
12,54	11,14	10,98	10,59	10,94.

Das Mittel aus diesen Bestimmungen ist 11,23 Proc. Salpetersäure, in welcher 8,29 Sauerstoff enthalten sind.

Das Salz besteht also aus:

Quecksilberoxydul	43,55
Quecksilberoxyd	44,76
Salpetersäure	11,23
	99,54.

Die Sauerstoffmengen in den drei Bestandtheilen verhalten sich wie 1 : 2 : 5; und die der Basen zu der der Säure wie 3 : 5. Die Zusammensetzung des Salzes kann wohl am besten durch die chemische Formel

$$\dot{H}g^2 \ddot{\ddot{\ddot{N}}} + \dot{H}g^4 \ddot{\ddot{\ddot{N}}}$$

ausgedrückt werden. Die hiernach berechnete Zusammensetzung im Hundert ist:

Quecksilberoxydul	43,57
Quecksilberoxyd	45,22
Salpetersäure	11,21
	100,00.

Schwefelsaures Quecksilberoxydul-Oxyd.

Durch das salpetersaure Quecksilberoxydul-Oxyd können andere basische Quecksilbersalze dargestellt werden, welche Oxydul und Oxyd enthalten.

Wird das salpetersaure Salz mit einem Ueberschufs einer concentrirten Auflösung von schwefelsaurem Natron schwach erhitzt, nicht aber damit gekocht, so löst sich salpetersaures Natron auf, und es bildet sich ein dem salpetersauren entsprechendes schwefelsaures Salz.

Dieses Salz hat eine ähnliche Farbe wie das analoge salpetersaure Salz. Es ist unlöslich im kalten Wasser, und kann vollkommen durch dasselbe ausgewaschen werden. Auch durch's Kochen mit Wasser wird es nicht zersetzt. Es enthält, völlig ausgewaschen, keine Spur von Salpetersäure, auch kein chemisch gebundenes Wasser.

Es wird schon in der Kälte durch Chlorwasserstoffsäure zerlegt, welche daraus Quecksilberchlorür abscheidet. In der von demselben getrennten Flüssigkeit giebt Sckwefelwasserstoffgas einen bedeutenden Niederschlag von Schwefelquecksilber, und eine Auflösung von Chlorbaryum eine Fällung von schwefelsaurer Baryterde.

Die Analyse des Salzes geschah auf diese Weise, dafs zuerst das Oxydul durch sehr verdünnte Chlorwasserstoffsäure als Quecksilberchlorür abgeschieden, darauf durch Chlorbaryum die Schwefelsäure als schwefelsaure Baryterde bestimmt, und endlich durch Schwefelwasserstoffgas das Quecksilberoxyd als Schwefelquecksilber gefällt wurde. — Die Resultate von drei angestellten Untersuchungen waren folgende:

I. 0,7185 Grm. gaben 0,361 Grm. Chlorür; 0,3615 Grm. Schwefelquecksilber und 0,179 Grm. schwefelsauren Baryt.

II. 0,8725 Grm. gaben 0,436 Grm. Chlorür; 0,439 Grm. Schwefelquecksilber und 0,2185 Grm. schwefelsaure Baryterde.

III. 0,987 Grm. gaben 0,4965 Grm. Quecksilberchlorür und 0,4905 Grm. Schwefelquecksilber.

Das angewandte Salz war vor der Untersuchung bei 100° C. getrocknet worden.

Die Zusammensetzung des Salzes im Hundert ist hiernach folgende:

	I.	II.	III.
Quecksilberoxydul	44,45	44,21	44,50
Quecksilberoxyd	46,84	46,84	46,26
Schwefelsäure	8,56	8,60	
	99,96	99,65.	

Man ersieht aus diesen Untersuchungen, dafs das Salz gegen ein Atom des Oxyduls zwei des Oxyds enthält, und dafs seine Zusammensetzung durch die chemische Formel $\dot{\text{Hg}}^2\dddot{\text{S}}+\dot{\text{Hg}}^4\dddot{\text{S}}$ ausgedrückt werden könne. Die nach dieser Formel berechnete Zusammensetzung im Hundert ist:

Quecksilberoxydul	44,88
Quecksilberoxyd	46,58
Schwefelsäure	8,54
	100,00.

Die Zersetzung des salpetersauren Salzes durch schwefelsaures Natron ist also eine ganz einfache, indem hierbei eben so viel Atome Schwefelsäure sich mit den Oxyden des Quecksilbers verbunden haben, als Atome Salpetersäure als salpetersaures Natron ausgetreten sind.

Das basisch schwefelsaure Quecksilberoxyd, welches in dem Salze mit basisch schwefelsaurem Quecksilberoxydul verbunden ist, ist von anderer Zusammensetzung als das bisher allein bekannte basisch schwefelsaure Quecksilberoxyd, das durch Behandlung des neutralen Salzes mit Wasser entsteht, und das den Namen *Turpethum minerale* erhalten hat. Diefs hat bekanntlich die Zusammensetzung $\dot{\text{Hg}}^3\dddot{\text{S}}$.

Man ist noch ziemlich allgemein der Meinung, dafs bei der Zersetzung des neutralen schwefelsauren Quecksilberoxyds vermittelst des Wassers dasselbe in ein basisches und in ein saures Salz verwandelt werde. Indessen schon H. Rose hat gezeigt, dafs die Existenz eines solchen sauren Salzes durchaus nicht erwiesen ist, und dafs das Wasser bei dieser Zersetzung in sofern wirke, als es als Base auftritt, und das Quecksilberoxyd, das schwach basische Eigenschaften hat, als basisches Salz ausscheidet [1]). Ich habe hierüber einige Versuche angestellt, welche diese Ansicht bestätigen.

Neutrales schwefelsaures Quecksilberoxyd wurde vermittelst kalten Wassers durch längere Einwirkung vollkommen zersetzt. Die vom Turpethum minerale abfiltrirte Flüssigkeit wurde bei sehr gelinder Hitze abgedampft. Es schied sich ein weifses krystallinisches Salz aus, das von der Mutterlauge nur durch fleifsiges Pressen zwischen Löschpapier getrennt wurde.

0,492 Grm. des getrockneten Salzes bei 100° getrocknet, dann in Wasser aufgelöst, zu welchem Chlorwasserstoffsäure gesetzt worden war, gaben vermittelst Chlorbaryums 0,4015 Grm. schwefelsaurer Baryterde. Diefs entspricht 28,04 Proc. Schwefelsäure im Salze.

Es ist diefs ein wenig Schwefelsäure mehr als der Berechnung nach im neutralen Salze enthalten ist. Wenn man aber bedenkt, dafs man es von der anhängenden Schwefelsäure nur durch Pressen zwischen Löschpapier reinigen konnte, so wird man diesen kleinen Ueberschufs erklärlich finden.

Eine zweite, weit gröfsere Menge vom schwefelsauren Quecksilberoxyde wurde durch kochendes Wasser zersetzt. Das Salz wurde mit dem Wasser 24 Stunden hindurch bei erhöhter Temperatur in Berührung gelassen. Nach dem Filtriren und Abdampfen der filtrirten Flüssigkeit setzte sich aus derselben, während sie noch

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 48, S. 463.

ziemlich heifs war, eine bedeutende Menge von einem schön gelben Turpeth ab, der in vielem heifsen Wasser auflöslich zu seyn scheint. Bei einer damit angestellten Untersuchung zeigte es ganz die Zusammensetzung des gewöhnlichen Turpeths, indem 1,3025 Grm. desselben nach der Auflösung in verdünnter Chlorwasserstoffsäure 0,436 Grm. schwefelsaurer Baryterde vermittelst Chlorbaryum gaben, was 11,5 Proc. Schwefelsäure entspricht, welche Menge sehr nahe der kommt, welche der Berechnung nach im Turpeth enthalten ist.

Die vom Turpeth getrennte Flüssigkeit wurde weiter abgedampft, bis sich nach dem Erkalten eine bedeutende Menge des weifsen Salzes in glänzenden Schuppen ausgeschieden hatte, das von der Mutterlauge wiederum durch fleifsiges Pressen zwischen Löschpapier befreit wurde. 1,690 Grm. des getrockneten Salzes gaben, in verdünnter Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, vermittelst Chlorbaryums 1,368 Grm. schwefelsaurer Baryterde; die davon getrennte Flüssigkeit vermittelst Schwefelwasserstoffgas 1,2955 Grm. Schwefelquecksilber. Die Zusammensetzung des untersuchten Salzes ist hiernach im Hundert:

Schwefelsäure	27,82
Quecksilberoxyd	71,37
	99,19

welche Zusammensetzung sehr nahe der der berechneten des neutralen schwefelsauren Quecksilberoxyds kommt.

Aus diesen Versuchen folgt unzweideutig, dafs bei der Zersetzung des schwefelsauren Quecksilberoxyds vermittelst des Wassers nicht ein saures schwefelsaures Quecksilberoxyd entstehe, sondern durch Abdampfen der vom erhaltenen basischen Salze getrennten Flüssigkeit nur neutrales Salz und freie Schwefelsäure erhalten wird.

Eine andere Frage indessen ist die, ob bei der Zersetzung des neutralen Salzes vermittelst des Wassers die ganze Menge vom ersteren in basisches Salz und in freie

Säure zersetzt werde, oder ob die Menge des neutralen Salzes, die durch Abdampfen erhalten wird, der Zersetzung durch Wasser entgangen ist. Da das basisch schwefelsaure Quecksilberoxyd in Wasser etwas auflöslich ist, so ist es wohl möglich, dafs bei Gegenwart von einer grofsen Menge Wasser eine gänzliche Zersetzung des neutralen Salzes in ein basisches und in freie Säure stattfinde, und dafs nur bei einer grofsen Concentration, und bei Mangel an Wasser neutrales Salz erzeugt werde. Wir wissen, dafs andere, vermittelst der Zersetzung durch Wasser aus neutralen Verbindungen entstandene basische Salze, wie z. B. das basisch salpetersaure Wismuthoxyd, leicht in vielem Wasser auflöslich sind.

Phosphorsaures Quecksilberoxydul-Oxyd.

Dieses Salz entsteht durch Zersetzung des salpetersauren Quecksilberoxydul-Oxyds mit einer concentrirten Lösung von phosphorsaurem Natron ($\dot{Na}^2 \overset{.....}{\overline{P}} + \dot{\overline{H}}$). Ersteres Salz mufs im gepulverten Zustande mit der Auflösung von letzterem übergossen werden; es ändert dabei schon in der Kälte seine Farbe, und wird dunkler gelb. Man erhitzt es darauf schwach, aber nicht bis zum Kochen, und süfst es sehr lange mit kaltem Wasser aus. Es ist schwer zu sehen, wann die beiden Salze sich gegenseitig ganz zersetzt haben, weil das salpetersaure Salz und das entstandene phosphorsaure beide eine gelbe Farbe haben; nur ist letzteres dunkler als ersteres.

Das entstandene phosphorsaure Quecksilberoxydul-Oxyd wird auf der Oberfläche an der Luft schwärzlich, besonders im feuchten Zustande. Es enthält keine Salpetersäure, auch konnte bei der Untersuchung nicht Natron darin gefunden werden. Denn glüht man es stark, so bleibt nur Phosphorsäure zurück. Mengt man es mit kohlensaurer Baryterde, glüht das Gemenge und behandelt die geglühte Masse mit Wasser, so zieht Wasser aus der geglühten Masse nicht kohlensaures Natron aus.

Mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure behandelt, wird das Salz weifs und verwandelt sich in Quecksilberchlorür; die davon filtrirte Flüssigkeit enthält Quecksilberoxyd und giebt mit Schwefelwasserstoffgas Schwefelquecksilber. Löst man das Salz in Salpetersäure auf, fällt aus der Auflösung alles Quecksilber vermittelst Schwefelwasserstoffgas, und befreit man die abfiltrirte Flüssigkeit sorgfältig von jeder Spur von Schwefelwasserstoff, so erhält man in ihr nach der Neutralisation mit Ammoniak durch Hinzufügung von salpetersaurer Silberoxydauflösung einen gelben Niederschlag von phosphorsaurem Silberoxyd.

Die Zersetzung des salpetersauren Quecksilberoxydul-Oxyds durch phosphorsaures Natron geschieht auf eine andere Weise als durch schwefelsaures Natron. Bei letzterer Zersetzung bleibt die ganze Menge des Oxyds und des Oxyduls ungelöst, und geht in die Zusammensetzung des entstandenen unlöslichen schwefelsauren Salzes; bei der Zersetzung des salpetersauren Salzes aber durch phosphorsaures Natron wird ein Theil Quecksilberoxyd ausgeschieden, und löst sich mit dem Ueberschufs des phosphorsauren und mit dem salpetersauren Natron auf.

Das Salz enthält Wasser, welches sich aus ihm nicht bei 100° verflüchtigen läfst, sondern erst bei einer Temperatur, bei welcher das Salz sich vollständig zersetzt.

Die Analysen des Salzes gaben mir leider nicht übereinstimmende Resultate, wenigstens nicht, wenn ein Salz von verschiedenen Bereitungen zur Untersuchung angewandt wurde.

Zur Untersuchung wurde das bei 100° getrocknete Salz zuerst mit sehr verdünnter Chlorwasserstoffsäure behandelt, um das Oxydul als Chlorür abzuscheiden; in der getrennten Flüssigkeit wurde das aufgelöste Oxyd durch Schwefelwasserstoffgas als Schwefelquecksilber gefällt. — Zur Bestimmung der Phosphorsäure wurde das Salz im feingeriebenen Zustande mit einer gewogenen

Menge von frisch geglühtem und feingepulvertem Bleioxyd gemengt, und damit geglüht. Der Gewichtsüberschufs, den das Bleioxyd erhielt, bestand in Phosphorsäure.

Die Resultate der Analyse des Salzes von einer Bereitung waren folgende:

	I.	II.	III.
Quecksilberoxydul	44,56	44,92	44,67
Quecksilberoxyd	45,15	44,65	44,73.

Die Mengen der erhaltenen Phosphorsäure in Procenten waren in vier Versuchen, als ein phosphorsaures Salz von derselben Bereitung angewandt wurde, folgende:

I.	II.	III.	IV.
4,56	4,72	4,27	4,67.

Das Mittel aus diesen Versuchen ist:

		Sauerstoff.
Quecksilberoxydul	44,72	1,70
Quecksilberoxyd	44,84	3,28
Phosphorsäure	4,55	2,55
Wasser (als Verlust)	5,89	5,23
	100,00.	

Obgleich diese Resultate sehr wohl übereinstimmen, so weichen sie, wenigstens hinsichtlich des Phosphorsäuregehaltes, sehr von denen ab, die ich bei der Analyse des Salzes, welches zu einer andern Zeit bereitet worden war, erhielt.

Ich erhielt, übereinstimmend mit den früheren Versuchen:

Quecksilberoxydul	44,25
Quecksilberoxyd	44,64;

hingegen Phosphorsäure in zwei Versuchen:

10,04 und 10,09 Procent.

Bei der Untersuchung des Salzes von einer dritten Bereitung erhielt ich an Phosphorsäure in Procenten:

9,48 und 9,61 Procent.

In dem Salze dieser beiden Bereitungen mufste der Wassergehalt im Salze ein sehr geringer gewesen seyn.

Die Menge des Quecksilberoxyds, welche aus dem salpetersauren Salze ausgeschieden wird, wenn es durch phosphorsaures Natron in phosphorsaures Salz verwandelt wird, kann nicht sehr bedeutend seyn, wie diefs aus den so eben angeführten Analysen hervorgeht. In dem salpetersauren und schwefelsauren Salze ist der Sauerstoffgehalt des Oxyduls gerade halb so grofs wie der des Oxyds; in dem phosphorsauren Salze ist diefs nicht ganz der Fall; der Sauerstoff des Oxyduls verhält sich in demselben zu dem des Oxyds wie 1 : 1,9.

Ich habe indessen auch unmittelbar die Menge des Quecksilberoxyds zu bestimmen gesucht, die bei der Zersetzung des salpetersauren Salzes ausgeschieden wird. 13,281 Grm. des salpetersauren Salzes gaben bei der Zersetzung durch phosphorsaures Natron 12,9525 Grm. des phosphorsauren Salzes. Jene enthalten 6,006 Grm. Quecksilberoxyd, diefs, nach dem Mittel aus den drei Versuchen, die ich im Vorhergehenden angeführt habe, 5,208 Grm. Es waren also 0,198 Grm. Oxyd ausgeschieden worden. Unmittelbar indessen, als ich das ausgeschiedene Oxyd durch Schwefelwasserstoffgas als Schwefelquecksilber fällte, erhielt ich mehr, nämlich 0,283 Grm. Oxyd.

Da ich so verschiedene Mengen von Phosphorsäure erhielt, wenn das Salz von verschiedenen Bereitungen der Untersuchung unterworfen wurde, so wage ich nicht, eine Ansicht über die Zusammensetzung desselben und über die Art der Zersetzung, welche bei der Darstellung desselben stattfindet, aufzustellen. Ich wage diefs um so weniger, als ich gegenwärtig, aus Mangel an Zeit, nicht im Stande bin, die Versuche, auf verschiedene Weise abgeändert, wiederholen zu können.

Wird das salpetersaure Quecksilberoxydul - Oxyd durch eine Auflösung von pyrophosphorsaurem Natron (Neutrales [b]phosphorsaures Natron nach **Berzelius**) behandelt, so wird es schnell in der Kälte zersetzt. Es entsteht ein Salz, das eine dunklere Farbe als die andern Doppelsalze hat. Die vom entstandenen Salze getrennte Flüssigkeit enthält viel Quecksilberoxydul, aber nur wenig Quecksilberoxyd.

Das erhaltene Salz wird sehr leicht, schon durch Auswaschen mit kochendem Wasser zersetzt. Es bildet sich dadurch metallisches Quecksilber.

Oxalsaures Quecksilberoxydul-Oxyd.

Das salpetersaure Salz wurde mit einer Auflösung von neutralem oxalsauren Kali behandelt. In der Kälte scheint keine Zersetzung zu erfolgen, aber sie tritt schon ein bei einer Temperatur zwischen 30° bis 50°. — Die vom entstandenen Salze getrennte Flüssigkeit enthält weder Quecksilberoxydul noch Quecksilberoxyd.

Das erhaltene Salz ist frei von Salpetersäure, hat eine braunrothe Farbe, wird aber sehr leicht, schon bei einer Temperatur, die weit unter der Kochhitze des Wassers ist, zerlegt, und in eine graubraune Masse verwandelt, die viel metallisches Quecksilber enthält. Das Doppelsalz erleidet diese Zersetzung viel früher sowohl als das oxalsaure Quecksilberoxydul, als auch das oxalsaure Quecksilberoxyd.

V. *Beiträge zur Kenntniſs der Lithionsalze; von C. Rammelsberg.*

(Der K. Academie der Wissenschaften vorgelegt.)

Für die analytische Bestimmung von Lithion und Natron, wenn beide, wie es gewöhnlich der Fall ist, zusammen vorkommen, giebt es bekanntlich kein anderes Mittel als die Ausfällung des ersten in der Form von phosphorsaurem Natron-Lithion, oder die von Richter zuerst in der Chemie angewandte arithmetische Methode der indirecten Analyse. Beide Verfahrungsarten sind ohne Zweifel unvollkommen, die erste insbesondere, wie aus den weiterhin zu erwähnenden Versuchen sich ergiebt, und auch die Methode der Rechnung setzt, bei dem nicht sehr groſsen Unterschiede in den Atomgewichten beider Körper, eine Genauigkeit in den analytischen Operationen voraus, wie sie bei Mineraluntersuchungen, wobei jene Alkalien erst ganz zuletzt zur Bestimmung kommen, oft nicht zu erreichen ist.

Die nachfolgenden Versuche wurden in der Absicht unternommen, eine directe Scheidungsmethode beider Basen aus einigen ihrer Salze aufzusuchen. Dieſs ist nun bis zu einem gewissen Grade gelungen, und halte ich die gemachten Beobachtungen, da sie auſserdem mehrere bisher noch unbekannte Lithionsalze betreffen, der Aufmerksamkeit nicht ganz unwerth.

Oxalsaures Lithion.

Von diesem Salze weiſs man aus den früheren Untersuchungen nur, daſs es eine undeutlich krystallisirte Salzmasse bildet, leicht in Wasser löslich ist, und daſs ein saures schwerlösliches, in kleinen durchsichtigen Krystallen anschieſsendes Salz existirt.

a) Neutrales oxalsaures Lithion wurde durch Auflösen von kohlensaurem Lithion in Oxalsäure bis zur Neutralisation erhalten. Beim Abdampfen setzt es sich in Form einer körnig krystallinischen Salzkruste ab. 1 Th. dieses Salzes löst sich in 13 Th. Wasser von 10°; es ist folglich nicht gerade leichtlöslich zu nennen. Es ist luftbeständig, erleidet auch über Schwefelsäure keinen Gewichtsverlust, verliert aber bis 200° etwa die Hälfte seines Wassergehalts (in einem Versuche 4,36 Proc.). In stärkerer Hitze zersetzt es sich, schmilzt, und liefert ein Gemenge von kohlensaurem Lithion und etwas Kohle.

1,17 Grm. gaben beim Glühen 0,785 kohlensaures Lithion =0,31086 Lithion =26,57 Proc. Danach ist das Salz $2\dot{\mathrm{Li}}\dddot{\mathrm{C}}+\dot{\mathrm{H}}$, und mufs enthalten:

Lithion	26,27
Oxalsäure	65,54
Wasser	8,19
	100.

b) Zweifach oxalsaures Lithion wurde dargestellt, indem die Auflösung des neutralen Salzes mit einer gleichen Menge Oxalsäure vermischt wurde. Beim Abdampfen erhielt man das Salz in ziemlich grofsen, durchsichtigen, tafelförmigen Krystallen, welche allem Anschein nach zum 2- und 1gliedrigen System gehören, aber eine sehr ungleiche und unsymmetrische Flächenbildung besitzen. Sie sind luftbeständig und lösen sich in 14,8 Th. Wasser von 10° auf. Bis 200° verlieren sie ihren Wassergehalt (24,4 Proc. in einem Versuch, 24,12 Proc. in einem anderen), und verhalten sich dann wie das neutrale Salz.

I. 1,5 Grm. hinterliefsen nach dem Glühen 0,478 kohlensaures Lithion =0,189288 Lithion.

II. 2,172 Grm., nach dem Erhitzen bis 200° mit Schwefelsäure abgedampft, gaben 1,117 schwefelsaures Lithion =0,2955 Lithion.

III. 0,889 Grm., mit Ammoniak und Chlorcalcium gefällt, lieferten 0,792 kohlensauren Kalk, entsprechend 0,56849 Oxalsäure.

Diefs giebt für 100 Theile:

	I.	II.	III.
Lithion	12,62	13,61	
Oxalsäure			63,95

Danach ist das Salz $\dot{L}i\dddot{C}^2 + 3\dot{H}$, und mufs enthalten:

Lithion	12,72
Oxalsäure	63,48
Wasser	23,80
	100.

In dem bis 200° erhitzten Salze, welches 24,12 Proc. verloren hatte, fand ich nur 56,34 Proc. Oxalsäure, so dafs also bei jener Temperatur ein Theil der Säure sich verflüchtigt, dagegen ein Theil Wasser zurückgehalten wird.

Das Verhalten der oxalsauren Salze von Lithion und Natron zu Wasser und Alkohol ist so analog, dafs sie zur Trennung beider Basen nicht anwendbar sind.

Kohlensaures Lithion.

Bekanntlich löst sich diefs Salz in kohlensaurem Wasser leichter auf als in reinem. Ich habe mich überzeugt, dafs das Salz, welches aus einer solchen Auflösung bei freiwilligem Verdunsten sich absetzt, neutrales ist, welches etwas Wasser mechanisch einschliefst, nicht aber chemisch gebunden enthält.

Unterschwefelsaures Lithion.

Es wurde durch wechselseitige Zerlegung von schwefelsaurem Lithion und unterschwefelsaurem Baryt dargestellt. Unter dem Exsiccator über Schwefelsäure verdunstet, gab die Lösung zuletzt ein undeutlich krystallisir-

tes Salz, welches sich in Wasser leicht auflöst, und bei längerem Aufbewahren an der Luft feucht wird. Es ist gleich dem Natronsalze in Alkohol nicht unauflöslich. Schon im Wasserbade verliert es einen grofsen Theil seines Krystallwassers.

0,972 Grm. gaben beim Glühen schweflige Säure und 0,525 schwefelsaures Lithion =0,1389 Lithion =14,29 Proc., wonach das Salz 2 At. Wasser enthält, da $\dot{L}i\dddot{\bar{S}}+2\dot{H}$ erfordert:

Lithion	13,79
Unterschwefelsäure	69,01
Wasser	17,20
	100.

Da die gepulverte Probe vor der Analyse über Schwefelsäure kurze Zeit getrocknet war, so hatte sie ohne Zweifel dabei etwas Wasser verloren.

Essigsaures Lithion.

Durch Auflösen von kohlensaurem Lithion in Essigsäure und Abdampfen zur Trockne im Wasserbade dargestellt.

Da die sonstigen Eigenschaften dieses Salzes bekannt sind, so führe ich blofs das Resultat einer Analyse an.

1,047 Grm. wurden geglüht, die kohlige Masse mit Wasser ausgekocht, und nach dem Abdampfen 0,435 kohlensaures Lithion =0,181738 Lithion =17,36 Proc. erhalten. Diefs beweist, dafs das Salz $\dot{L}i\bar{A}+2\dot{H}$ ist und enthalten mufs:

Lithion	17,30
Essigsäure	61,13
Wasser	21,57
	100.

Ameisensaures Lithion.

Durch Zersetzung von schwefelsaurem Lithion und ameisensaurem Baryt erhalten. Es bildet kleine nadelförmige Krystalle, welche an der Luft feucht werden, und gleich dem Natronsalze in Wasser leicht, in Alkohol etwas auflöslich sind. Ueber Schwefelsäure verändern sie sich nicht, bei 150—170° aber verlieren sie ihren ganzen Wassergehalt und werden undurchsichtig.

1,36 Grm. verloren bis 170° 0,353. Der Rest wurde geglüht, mit Wasser ausgelaugt, und gab 0,702 kohlensaures Lithion =0,27715 Lithion. In 100 Th. also:

		$\dot{Li}\bar{F} + 2\dot{H}$.
Lithion	20,38	20,78
Ameisensäure		53,29
Wasser	25,95	25,93
		100.

Jodsaures Lithion.

Ich habe dieses Salz schon früher dargestellt und einige seiner Eigenschaften beschrieben [1]). Aus der Auflösung von kohlensaurem Lithion in Jodsäure setzt es sich beim Verdunsten in Gestalt einer Krystallkruste ab; es löst sich in 2 Th. Wasser auf, nicht aber in Alkohol, worin es dem Natronsalze gleicht. Beim Erhitzen schmilzt es, giebt Sauerstoffgas und Jod, und hinterläſst ein Gemenge von Lithion und Jodlithium. Es ist wasserfrei, und enthält 7,98 Lithion gegen 92,02 Jodsäure.

Ueberjodsaures Lithion.

Löst man kohlensaures Lithion bis zur Sättigung in Ueberjodsäure auf, so erhält man beim Verdunsten kleine undeutliche Krystalle der Verbindung. Dieselben sind in Wasser ziemlich leicht auflöslich. Mit starkem Alkohol übergossen, erleiden sie eine Zersetzung, denn nach

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 44, S. 555.

mehreren Tagen ist die über dem Salze stehende Flüssigkeit gelb gefärbt, und hat einen ätherartigen Geruch angenommen (ähnlich verhält sich neutrales überjodsaures Natron), aber selbst beim Erhitzen löst sich der Rest im Alkohol nicht auf. Mit Schwefelsäure erhitzt, zersetzt es sich erst beim Kochpunkt der Säure unter Jodentwicklung. Beim Glühen entweichen Jod und Sauerstoffgas, und es bleibt, wenn diefs einige Zeit gedauert hat, ein Rückstand, welcher jodsaures Lithion und Jodlithium enthält.

Jodlithium.

Nur durch längeres Stehen über Schwefelsäure erhält man nadelförmige Krystalle, welche von freiem Jod theilweise gelb gefärbt sind, und an der Luft äufserst schnell zerfliefsen.

3,102 Grm. derselben lieferten 0,897 schwefelsaures Lithion =0,2373 Lithion =7,64 Proc., welche 70,32 Proc. Jodlithium bilden. Hieraus folgt, dafs das krystallisirte Salz $\mathrm{Li\,J} + 6\dot{\mathrm{H}}$ ist, und enthalten mufs:

Jodlithium	71,10
Wasser	28,90
	100.

Bromsaures Lithion.

Auch dieses Salz habe ich früher schon beschrieben [1]). Es ist zerfliefslich, nadelförmig krystallisirend, und verwittert bei längerem Aufbewahren über Schwefelsäure.

Salpetersaures Lithion.

Verdampft man die Auflösung im Wasserbade, so erhält man es als ein krystallinisches Pulver. Es ist sehr zerfliefslich, und löst sich in Alkohol sehr leicht auf (viel leichter als das Natronsalz).

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 55, S. 63.

1,338 Grm., mit Schwefelsäure abgedampft, gaben 1,063 schwefelsaures Lithion =0,281269 Lithion =21,02 Proc. Es ist demnach wasserfreies $\dot{L}i\dddot{N}$, welches enthalten mufs:

Lithion	21,03
Salpetersäure	78,97
	100.

Chlorlithium.

Löst man Chlorlithium in starkem Alkohol auf, und läfst das Ganze unter dem Exsiccator über Schwefelsäure stehen, so bilden sich undeutliche, leicht zerfliefsliche Krystalle, welche kein Alkoholat, sondern ein Hydrat mit dem halben Wassergehalt des schon bekannten sind.

I. 2,34 hinterliefsen beim starken Erbitzen 1,628 Chlorlithium.

II. 1,332 gaben 0,935 desselben.

In 100 Th. mithin:

	I.	II.	Li Cl + 2 $\dot{H}$.
Chlorlithium	69,57	70,19	69,92
Wasser			30,08
			100.

Um zu sehen, ob sich Chlornatrium und Chlorlithium nicht durch fast absoluten Alkohol trennen lassen, wurden 0,474 geschmolzenes Chlorlithium und 0,707 geschmolzenes und dann gepulvertes reines Chlornatrium mit Alkohol von 98 Proc. mehrere Tage in einem verschlossenen Gefäfse hingestellt, und oft umgeschüttelt. Der mit Alkohol etwas ausgewaschene Rückstand betrug 0,658, und bestand aus Chlornatrium. Es hatten sich folglich 0,049 Chlornatrium aufgelöst, so dafs eine scharfe Trennung auf diese Weise nicht ausführbar war.

Trennung von Lithion und Natron.

Später habe ich *ein Gemenge von Alkohol und Aether* zur Trennung von Chlornatrium und Chlorlithium ange-

wandt, und dabei Resultate erhalten, mit denen man wohl zufrieden seyn kann.

Behandelt man wasserfreies Chlorlithium mit gewöhnlichem Aether, so erhält man zwei Flüssigkeitsschichten, welche sich nicht vermischen; eine obere leichtere, Aether, der nur eine sehr geringe Menge Lithionsalz enthält, und eine schwerere, welche eine concentrirte Auflösung von Chlorlithium in Wasser ist, welches der Aether enthielt. Der gröfste Theil des Lithionsalzes bleibt aber natürlich ungelöst.

Dagegen wird Chlorlithium, selbst wenn es zuvor geschmolzen war, von einem Gemenge von gleichen Theilen wasserfreiem Alkohol und Aether vollständig aufgelöst, während nur eine Spur Chlornatrium dem Lithionsalze folgt.

0,977 Grm. reines, stark erhitztes Chlornatrium und eine unbestimmte Menge Chlorlithium wurden mit jenem Gemenge übergossen, und einige Tage unter öfterem Umschütteln hingestellt. Nach dem Filtriren und Auswaschen mit Aetheralkohol blieben 0,964 Chlornatrium zurück. Von 100 Th. dieses Salzes waren also 98,67 Th. wieder erhalten.

Diese Methode habe ich nun bei den später zu erwähnenden Analysen des phosphorsauren Natronlithions oft angewandt, und das Chlornatrium immer frei von Lithion erhalten. In Mineralien, wo die Menge beider Alkalien gewöhnlich nicht sehr bedeutend ist, wird der Fehler so klein, dafs er auf das Resultat gewifs ohne Einflufs ist.

Phosphorsaures Natronlithion.

Unstreitig ist von allen Lithionsalzen diefs eins der interessantesten, weil es durch seine Schwerlöslichkeit ein Mittel zur Entdeckung des Lithions ist, wo andere nicht mehr ausreichen. Berzelius hat zuerst diese Verbindung beschrieben, und die Art und Weise, sie aus lithion-

haltigen Flüssigkeiten niederzuschlagen, angegeben [1]). Er analysirte sie durch Glühen mit kohlensaurem Kalk, und erhielt von 100 Th. 77,333 kohlensaures Alkali, welches etwa 90 Th. Chlormetall lieferte, woraus wasserfreier Alkohol das Chlorlithium auszog und 44,45 Chlornatrium zurückliefs. Hieraus schlofs er, das Salz bestehe aus gleichen Atomen neutralem phosphorsauren Natron und neutralem phosphorsauren Lithion $Na^2\dddot{P}+Li^2\dddot{P}$, dessen Zusammensetzung seyn würde:

Phosphorsäure	60,97
Natron	26,71
Lithion	12,32
	100.

Ich habe durch ziemlich zahlreiche Versuche auszumitteln gesucht, in wie weit dieses Doppelsalz eigentlich zur quantitativen Bestimmung des Lithions tauglich, und ob seine Zusammensetzung unter allen Umständen die von Berzelius angegebene sey.

Zu dem ersten Zweck wurden genau gewogene Mengen Lithionsalz unter den nöthigen Vorsichtsmafsregeln in das Doppelsalz verwandelt und dessen Menge bestimmt. Theils wurde Chlorlithium, aus kohlensaurem Lithion dargestellt, theils schwefelsaures Lithion, beide im geglühten Zustande, angewandt. Da das Chlorlithium so leicht Feuchtigkeit anzieht, was beim Wägen hinderlich ist, so habe ich später geradezu kohlensaures Lithion genommen, und diefs erst in verdünnter Chlorwasserstoffsäure aufgelöst.

Zur Umwandlung in das Doppelsalz diente entweder ein Gemenge von kohlensaurem und gewöhnlichem, aber ganz reinem, phosphorsaurem Natron, oder statt des letzteren, glasige Phosphorsäure [2]). Das Abdampfen

1) Untersuchung des Wassers von Karlsbad etc.; in Poggendorff's Annalen, Bd. 4 S. 245.

2) Leider ist dieselbe fast immer kalkhaltig, ein Umstand, auf den

der alkalischen Flüssigkeit geschah in einer Platinschale, und wurde bis zur vollkommenen Trockne fortgesetzt, worauf die Masse mit kaltem Wasser aufgeweicht und das Doppelsalz auf dem Filtrum mit eben solchem ausgewaschen wurde. Das Filtrat wurde von Neuem abgedampft, und gab dann stets noch eine mehr oder minder grofse Menge des Salzes bei nachherigem Behandeln der Masse mit Wasser. Gewöhnlich wurde diefs noch ein oder zwei Mal wiederholt, und da in allen Fällen immer noch etwas Doppelsalz erhalten wurde, so liefs sich hieraus schon schliefsen, dafs diese Bestimmungsmethode des Lithions für quantitative Zwecke nicht anwendbar seyn könne.

Wenn die Verbindung $= \dot{Na}^2 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}} + \dot{Li}^2 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}}$ ist, so müssen 100 Chlorlithium 280 Th. derselben liefern.

Im Nachstehenden sind die wirklich erhaltenen Mengen angegeben.

a) Mit phosphorsaurem und kohlensaurem Natron.

I.	124,3	(1,446 Li Cl	=1,798)
II.	95,4	(2,563 -	=2,446)
III.	122,2	(3,589 -	=4,387)
IV.	143,6	(2,604 - [1])	=3,739)
V.	89,0	(2,073 - [2])	=1,845).

b) Mit Phosphorsäure und kohlensaurem Natron.

VI.	97,1	(4,249 Li Cl	=4,127)
VII.	92,8	(3,84 - [3])	=3,563).

Hieraus ergiebt sich nun zunächst, dafs die Menge des phosphorsauren Natronlithions, welche man aus ei-

mich Hr. Prof. Otto in Braunschweig aufmerksam machte, und den ich vollkommen bestätigt fand.

1) Als Aeq. des angewandten 2,267 $\dot{Li}\ddot{C}$.

2) Aeq. des angewandten 2,702 $\dot{Li}\dddot{S}$.

3) Aeq. des angewandten 3,344 $\dot{Li}\ddot{C}$.

nem Lithionsalze erhält, in jedem Versuche eine andere ist, und ferner, dafs sie aufserordentlich weit von derjenigen Menge entfernt bleibt, welche erhalten werden mufs, wenn das Salz $= \dot{N}a^2 \dddot{P} + \dot{L}i^2 \dddot{P}$ ist.

Um diesen letzten Punkt festzustellen, überhaupt um zu ermitteln, ob das phosphorsaure Natronlithion unter allen Umständen dieselbe Zusammensetzung habe, wurden die bei den erwähnten Versuchen erhaltenen Proben analysirt, was folgendermafsen geschah.

Das Salz wurde geglüht, wobei es nur unbedeutend, oft fast gar nichts an Gewicht verliert, also wasserfrei ist. Alsdann löste man es in Chlorwasserstoffsäure auf, und schlug durch ein Gemisch aus Chlorcalcium und Ammoniak die Phosphorsäure nieder. Der Niederschlag war stets $\dot{C}a^3 \dddot{P}$, wie die Zerlegung durch Schwefelsäure zeigte. Die mittelst Oxalsäure vom Kalk befreite Flüssigkeit wurde abgedampft, die nach dem Verflüchtigen des Salmiaks bleibenden Chloride wurden gewogen, mit einer Mischung aus Alkohol und Aether übergossen, und in einem luftdicht verschlossenen Gefäfse einige Tage hingestellt. Das rückständige Chlornatrium wurde alsdann auf ein gewogenes Filtrum gebracht und sein Gewicht nach scharfem Trocknen bestimmt, wodurch sich die Menge des Chlorlithiums ergab.

Folgendes sind die Resultate von sechs Analysen dieser Art:

			(VII.)	(II.)	(III.)	(IV.)
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Phosphorsäure	58,666	60,47	57,82	59,81	54,60	52,58
Natron	7,845	7,87	13,06	15,27	26,78	28,38
Lithion	32,155	34,36	29,12	27,08	23,16	21,89
	98,666	102,70	100	102,16	104,54	102,85.

Der Ueberschufs rührt davon her, dafs dem phosphorsauren Kalk gewöhnlich etwas kohlensaurer Kalk beigemengt war, der nicht besonders in Abzug gebracht wurde, besonders aber davon, dafs die Phosphorsäure,

wie oben bemerkt, etwas phosphorsauren Kalk enthält. Eine Correction habe ich absichtlich nicht angebracht.

Das Resultat ist nun, dafs das phosphorsaure Natronlithion ein Salz von ganz variabler Mischung ist, woraus sich die ungleichen Mengen zum Theil erklären, die man bei seiner Darstellung erhält. Zur analytischen Bestimmung des Lithions ist es ganz unbrauchbar.

Merkwürdigerweise weichen aber alle Analysen aufserordentlich von der von Berzelius für das Salz gefundenen ab, so dafs man annehmen mufs, seine Zusammensetzung könne unter sonst äufserlich gleichen Bedingungen, was seine Bildung und Abscheidung betrifft, doch eine ganz verschiedene seyn.

Sehen wir nun, in wiefern die Analysen den bestimmten chemischen Proportionen entsprechen, so sind die Sauerstoffmengen folgende:

	1.		2.		3.	
Phosphorsäure		32,87		33,88		32,40
Natron	2,00	19,82	2,01	20,96	3,34	19,48
Lithion	17,82		18,95		16,14	

	4.		5.		6.	
Phosphorsäure		33,51		30,59		29,46
Natron	3,90	18,91	6,85	19,69	7,26	19,40
Lithion	15,01		12,84		12,14	

Der Sauerstoff der Basen verhält sich mithin zu dem der Phosphorsäure $=3:5$. Das Salz ist folglich ein ganz anderes, als man bisher geglaubt hat. Und in der That, das stark geglühte phosphorsaure Natronlithion, in schwacher Salpetersäure aufgelöst, *fällt die Silbersalze rein gelb;* es läfst sich nicht in Pyrophosphat verwandeln, eine Probe, die ich oftmals angestellt habe.

Das Salz ist also $\dot{R}^3 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$, und Natron und Lithion sind darin ohne Zweifel isomorph, wie sie es auch in allen Fällen sind, wo sie in der Natur zusammen vorkommen, wie meine Versuche über den Amblygonit noch kürzlich

bewiesen haben. Nichts destoweniger scheint zwischen ihnen ein einfaches Verhältnifs stattzufinden, wie die Analysen andeuten. Dasselbe wäre nämlich:

in I. und II.	$=1:9$	$\dot{Na}^3\overset{:\cdot:}{P}+9\dot{Li}^3\overset{:\cdot:}{P}$
in III.	$=1:5$	$\dot{Na}^3\overset{:\cdot:}{P}+5\dot{Li}^3\overset{:\cdot:}{P}$
in IV.	$=1:4$	$\dot{Na}^3\overset{:\cdot:}{P}+4\dot{Li}^3\overset{:\cdot:}{P}$
in V.	$=1:2$	$\dot{Na}^3\overset{:\cdot:}{P}+2\dot{Li}^3\overset{:\cdot:}{P}$
in VI.	$=1:1\frac{1}{2}$	$2\dot{Na}^3\overset{:\cdot:}{P}+3\dot{Li}^3\overset{:\cdot:}{P}$.

Ich lege indessen auf dieses Verhältnifs keinen grofsen Werth, da es ohne Zweifel ein ganz zufälliges ist, von Bedingungen abhängig, die sich schwerlich möchten feststellen lassen. Nur so viel ist sicher, dafs das phosphorsaure Natronlithion, wie es bei meinen Versuchen sich gebildet hat, unter allen Umständen

$$\left.\begin{matrix}\dot{Na}^3\\ \dot{Li}^3\end{matrix}\right\}\overset{:\cdot:}{P}$$

war.

Es würde ziemlich zwecklos seyn, nach den angegebenen Resultaten zu berechnen, wie viel von dem Salze in den früher erwähnten Versuchen aus gewogenen Mengen Lithionsalz hätte erhalten werden müssen, da doch ein erneuertes Abdampfen stets die Bildung einer neuen Quantität zur Folge hatte.

VI. *Versuche, das Atomgewicht des Urans zu bestimmen; von Carl Rammelsberg.*

Mehrere Chemiker haben sich bemüht das Atomgewicht des Urans zu bestimmen, seit Péligot entdeckt hatte, dafs das grüne Uranoxydul durch Wasserstoffgas zu Oxydul reducirt wird, und diesem Oxydul ein krystallisirtes Chlorür von interessanten Eigenschaften entspricht.

Péligot selbst hat die Zahl 750 als aus seinen Versuchen hervorgehend für das Atom des Urans angenommen, wiewohl ich bei Gelegenheit einer Arbeit über die Uranoxydulsalze [1]) darauf aufmerksam machte, dafs die einzelnen Versuche dieses Chemikers Zahlen liefern, die zwischen 689 und 747,5 schwanken.

Wertheim hat später [2]), durch die Analyse des krystallisirten essigsauren Uranoxyd-Natrons die Zahl 746,36 erhalten, und diese Bestimmung scheint, mit Rücksicht auf die passende Beschaffenheit des Salzes und die Einfachheit der Methode, grofses Vertrauen zu verdienen.

Ebelmen erhielt aus dem oxalsauren Uranoxyd 742,875 als Atomgewicht des Urans, was dem von Wertheim gefundenen sehr nahe kommt.

Ich selbst habe mich mit diesem Gegenstande früher schon beschäftigt, und insbesondere die Reduction des Uranoxydoxyduls in Wasserstoffgas zur Bestimmung des Atomgewichts zu benutzen gesucht [3]). Mehrere Umstände waren jedoch bei dieser so einfachen Methode die Ursache, dafs ich in elf Versuchen Zahlen erhielt, die zwischen 580 und 736 lagen, so dafs ich es aufgeben mufste, auf diesem Wege ein genaues Resultat zu erlangen.

Von Hrn. von Berzelius aufgefordert, habe ich später die Versuche in einer anderen Art fortgesetzt, deren Ergebnifs in vorliegender Notiz mitgetheilt werden soll.

v. Berzelius schlug mir zwei Methoden zur Prüfung vor, nämlich 1) eine gewogene Menge Uranoxydul mit Salpetersäure und Schwefelsäure zu behandeln, und das Gewicht des schwefelsauren Uranoxyds zu bestimmen; und 2) dieselbe mit einer gleichfalls gewoge-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 59, S. 1.

2) Journ. für pract. Chemie, Bd. 29, S. 209.

3) A. a. O., S. 4.

nen Menge Talkerde in Salpetersäure aufzulösen, und durch Glühen in Uranoxyd-Talkerde zu verwandeln.

Die erste Methode führt einige Schwierigkeiten mit sich, die hier nicht übergangen werden dürfen. Es ist, wie ich früher schon bemerkt habe, nicht möglich, Uranoxydul, so wie es durch Reduction des Oxydoxyduls in Wasserstoffgas erhalten wird, genau zu wägen, da sich sein Gewicht fortwährend um mehrere Milligrammen vermehrt. Ferner ist die Oxydation durch Salpetersäure, welche, so wie die weitere Behandlung in einem geräumigen Platintiegel geschieht, immer von einer so lebhaften Reaction begleitet, dafs ein kleiner Verlust sehr leicht erfolgt; das Abdampfen mit Schwefelsäure wird dadurch etwas beschwerlich, dafs das schwefelsaure Uranoxyd, welches in der sauren Flüssigkeit unauflöslich ist, sich zu Boden setzt und leicht ein Aufstofsen der Masse bewirkt, dem man nur bei grofser Aufmerksamkeit entgeht.

In sechs Versuchen, bei denen kein sichtlicher Verlust stattgefunden hatte, lieferten 100 Th. Uranoxydul die nachstehenden Mengen schwefelsauren Uranoxyds (im schwach geglühten Zustande, wobei sein Gewicht ziemlich constant bleibt), woraus sich für das Uran das beigefügte Atomgewicht ergeben würde:

I.	135,76	=740,545
II.	136,094	=732,77
III.	139,45	=661,92
IV.	136,23	=729,644
V.	136,304	=727,95
VI.	136,39	=725,95

Später habe ich auch einige Versuche mit dem Oxydoxydul in der nämlichen Art angestellt. Dasselbe war theils durch Glühen des aus Uranchlorür durch Ammoniak erhaltenen Oxydulhydrats an der Luft (VII), theils aus salpetersaurem Uranoxyd durch Erhitzen, Auswaschen mit neutraler Chlorwasserstoffsäure etc. (VIII) be-

reitet. Beide wurden in trocknem Sauerstoffgase erhitzt, änderten jedoch dadurch ihr Gewicht nicht merklich:

VII. 131,79 =707,33
VIII. 130,174=752,35.

Dabei ist vorausgesetzt, dafs das Oxydoxydul $=\dot{U}\dddot{\bar{U}}$ sey.

Die Anwendung der Talkerde scheint mir deshalb weniger geeignet, weil die Uranoxyd-Talkerde beim Glühen, selbst wenn sie überschüssige Talkerde enthält, ihr Gewicht immer um etwas vermindert, was von einer anfangenden Reduction des Oxydoxyduls herrühren mufs. Bei den nachstehenden zwei Versuchen ist das auf einer Lampe mit doppeltem Luftzuge durch lebhaftes Glühen des Tiegels erhaltene Gewicht angenommen worden.

VII. 4,713 $\dot{U}$ und 0,75 $\dot{Mg}$ gab. 5,739 U=753,757
VIII. 3,143 $\dot{U}$ und 1,192 $\dot{Mg}$ gab. 4,541 U=662,9.

Aufserdem habe ich Wertheim's Versuche an den essigsauren Doppelsalzen von Natron und Baryt wiederholt. Ich fand hierbei, dafs beim Erhitzen stets Spuren des Salzes als feiner Staub entweichen, wenn die Gasentwicklung in der Masse beginnt, und dafs man selbst bei Anwendung von zwei in einander gestellten Tiegeln diesem Verlust nicht ganz begegnet.

IX. 3,78 essigsaures Uranoxyd-Natron, bei 220° getrocknet, gaben 2,55 Glührückstand, d. h. 100 Th. =32,5397. Daraus folgt U=743,509, d. h. um 2,85 von Wertheim's, und nur um 0,634 von Ebelmen's Zahl differirend.

Krystallisirter essigsaurer Uranoxyd-Baryt. Nach Wertheim enthält diefs Salz im krystallisirten Zustande 6 At. Wasser =9,46 Proc., welche es bei 275° vollständig verliert. Bei meinen Versuchen gab es, über Schwefelsäure getrocknet, bis 200° 1,98 Proc., und in zwei anderen Proben zwischen 150° und 200° 0,48 und 0,62 Proc. Wasser. Das Salz war in diesem Zustande wasserfrei und lieferte bei einer Analyse 14,78 Proc. Baryt, enthält also 1 At. $\dot{Ba}$ gegen $2\dddot{\bar{U}}$.

100 Th. dieses Doppelsalzes hinterliefsen nun beim Glühen folgende Mengen $\mathrm{Ba}\dddot{\overline{\mathrm{U}}}^2$, woraus das beigesetzte Atomgewicht für U folgen würde:

X.	68,38	U=644,75
XI.	68,757	=662,997
XII.	68,136	=633,17.

Das Resultat dieser Versuche ist allerdings nicht sehr befriedigend, und ich bin weit entfernt zu glauben, dadurch das Atomgewicht des Urans möglichst genau ermittelt zu haben. Unter den verschiedenen Methoden sind die mittelst des essigsauren Natron-Doppelsalzes und die mittelst $\dot{\mathrm{U}}$ oder $\dot{\mathrm{U}}\dddot{\overline{\mathrm{U}}}$, Salpetersäure und Schwefelsäure, jedenfalls die besten, obgleich die letztere noch dadurch etwas ungenau wird, dafs das schwefelsaure Uranoxyd bei wiederholtem Erhitzen (höchstens bis zum kaum sichtbaren Glühen des Tiegels), niemals *absolut* dasselbe Gewicht giebt, und leicht ein wenig Schwefelsäure verliert, so dafs es dann nicht mehr vollkommen auflöslich ist.

Eine ganze Reihe der gelungensten Versuche liefert Zahlen, welche zwischen 725 und 750 liegen, so dafs wohl die von Wertheim und Ebelmen gegebenen Bestimmungen, denen sich I und IX aufserordentlich nähern, als die zuverlässigsten angesehen werden können.

VII. *Ueber das Cyaneisenkalium; von F. F. Runge.*

Da fertiges Cyaneisenkalium, mit etwa ein Drittel Potasche gemengt, in einen rothglühenden Tiegel eingetragen, unter Abscheidung des Eisens in eisenfreies Cyankalium verwandelt wird, so hat der Hr. Prof. Liebig den schein-

bar richtigen Schlufs gemacht: es bilde sich beim Glühen von Stickstoffkohle, Potasche und Eisen blofs Cyankalium, und Cyaneisenkalium entstehe erst beim Auflösen der Schmelzung in Wasser, indem nun erst eine Einwirkung auf das Eisen und seine Auflösung erfolge.

Im Kleinen mag diefs der Fall seyn; im Grofsen ist es nicht so. Das Pulver einer regelrecht, in Eisen gemachten Schmelze von

400 Pfund Potasche,
400 Pfund Hornkohle und
10 Pfund Eisen

ist *nicht*, wie es Liebig angiebt, durch Auswaschen mit Branntwein in zwei Theile zu theilen, wovon der eine flüssige das Cyankalium in Auflösung enthalten soll und der unauflösliche Rückstand das Eisen, so dafs man erst durch Vermischen und Erhitzen beider Cyaneisenkalium bekommt. Es findet vielmehr das Gegentheil statt.

Bringt man nämlich die gepulverte Schmelze in einen Trichter und giefst so lange Branntwein (oder gleiche Theile starken Brennspiritus und Wasser) auf, bis dieser nichts mehr auflöst, so hat man zwei Flüssigkeiten, eine schwere und eine leichte. Die schwere Flüssigkeit ist Potaschenauflösung; die leichte enthält nur etwas Cyankalium. Dagegen giebt der ausgewaschene schwarze Rückstand beim Auslaugen mit heifsem Wasser *Cyaneisenkalium*, und zwar in derselben Menge, wie man es aus der Schmelze auf gewöhnlichem Wege auch erhält.

Es folgt hieraus, dafs das Cyaneisenkalium (welches im Branntwein unauflöslich ist) schon fertig gebildet in der Schmelze enthalten seyn mufs, und nicht erst dadurch entsteht, dafs das Cyankalium beim Auflösen in Wasser Eisen auflöst. Wäre diesem so, so müfsten die Auslaugepfannen, welche von Eisenblech sind, sehr angegriffen werden, was nicht geschieht, da sie zehn und mehr Jahre halten, und nur durch Verbrennen unbrauchbar werden.

VIII. *Ueber die Verminderung des specifischen Gewichts, welche die Porcellanmasse beim Brennen ungeachtet des Schwindens erleidet;* *von G. Rose.*

Al. Brongniart macht uns in seinem wichtigen Werke über Thonwaarenfabrication [1]) mit der Thatsache bekannt dafs die Porcellanmasse im schwach gebrannten ungaaren Zustande ein höheres specifisches Gewicht habe, als im stark gebrannten gaaren Zustande; eine Thatsache, die, ehe man weiter darüber nachdenkt, auffallen kann, da die Porcellanmasse bekanntlich beim Brennen im Gutofen schwindet, d. h. einen kleineren Raum einnimmt, und also nach dem Brennen ein höheres specifisches Gewicht haben sollte, als vorher. Ich lasse, ehe ich meine Bemerkungen darüber mittheile, die betreffende Stelle in einer wörtlichen Uebersetzung folgen, sie steht Theil 1, Seite 282.

Nachdem der Verfasser gezeigt hat, dafs wir noch keine genügenden Bestimmungen über das specifische Gewicht der verschiedenen Arten von Thonwaaren besitzen, fährt er fort:

»Ich glaubte also diese Lücke ausfüllen und durch die vollkommensten und genausten Methoden die specifischen Gewichte einer grofsen Menge von Thonwaarenmassen in den verschiedenen Graden des Brennens bestimmen zu müssen. Dazu war eine lange Reihe von Versuchen nöthig, und ich bat daher Hrn. A. Laurent, meinen Gehülfen für physikalische und chemische Untersuchungen im Laboratorium der Porcellanfabrik zu Sèvres, das specifische Gewicht von verschiedenen Arten

1) *Traité des arts céramiques ou des poteries. Paris* 1844.

Thonwaaren in den verschiedenen Zuständen der Gaare zu nehmen [1]).«

»Wir gelangten zu Resultaten, die ganz unerwartet, und den Vorstellungen, welche man gewöhnlich von den Verschiedenheiten des specifischen Gewichts der verschiedenen Arten von Thonwaaren hat, völlig entgegengesetzt waren, Vorstellungen, welche ich für so begründet hielt, daſs ich daraus mit dem gröſsten Theil der Physiker, wenn nicht mit allen, Folgerungen zog, die durch die Erfahrung gänzlich widerlegt wurden.«

»In der That sieht man, bei dem Ueberblick der Tafel No. VIII, zuerst, welcher bedeutende Unterschied in dem specifischen Gewicht einer und derselben Thonmasse stattfindet, wenn man dasselbe an Stücken, oder an dem Pulver der Thonmasse untersucht, dann aber, und dieſs ist die merkwürdigste Thatsache, daſs das specifische Gewicht, anstatt von der weichsten, wenig gebrannten, Thonmasse zu der stark und hart gebrannten zuzunehmen, vielmehr abnimmt, so daſs die weichen Ziegelsteine von Sarcelles bei Paris, die Steingutmasse und das grobe Töpfergut der Vorstadt St. Antoine bei Paris eine viel beträchtlichere Dichtigkeit haben, als die so harte, dichte (*serrée*) und so stark gebrannte Masse der Feldspath-Porcellane (*porcelaines dures*).«

Diese Thatsache schien mir so paradox, daſs ungeachtet des Zutrauens, welches ich in die so genaue und geschickte Art zu operiren des Hrn. Laurent und in Versuche setzen muſste, die in meinem Laboratorium in Sèvres, und gröſstentheils unter meinen Augen angestellt waren, ich sie doch nach einem Zwischenraum von mehreren Jahren durch den geschickten Hrn. Malaguti und endlich auch ganz neuerlich durch Hrn. Salrétat wiederholen lieſs. Aus diesen Versuchen, die unter ganz besonders günstigen und vielleicht einzigen Umständen

1) Die Resultate dieser Untersuchungen sind von Hrn. Brongniart in einer besonderen Tabelle (No. VIII) zusammengestellt.

ausgeführt waren, ergiebt sich, dafs das Feldspath-Porcellan, je mehr es gebrannt wird, sich zusammenzieht, und *an Volumen um wenigstens ein Zehntheil abnimmt, auch in seinem specifischen Gewichte in einem höchst auffallenden Maafse abnimmt.* Man sieht, dafs diefs in dem Verhältnisse von 2,619 zu 2,242 geschieht, indem es halbgebrannt durch ein Gewicht von 2,440 hindurchgeht. Also wenn die Masse *nur verglüht ist*, d. h. wenn sie 10 Stunden lang einer Hitze, höher als die Hitze des schmelzenden Silbers, ausgesetzt gewesen, wenn sie noch porös ist, und an der Zunge hängt, hat sie, *pulverisirt*, ein specifisches Gewicht von 2,619; wenn sie im Gutofen halbgaar gebrannt wird, so dafs die Glasur zwar zusammensintert, aber nur erst anklebend ist, wird ihr specifisches Gewicht auf 2,440 reducirt, und wenn sie endlich vollkommen gebrannt ist, ist diefs Gewicht auf 2,242 herabgesunken, und dennoch hat sich die Masse in linearer Ausdehnung um 10 Proc. zusammengezogen.«

»Ich will nicht versuchen diese Thatsache zu erklären, dazu ist hier nicht der Ort. Ich begnüge mich hier zu sagen, dafs man sie als gewifs annehmen kann, einmal weil die Versuche mit aller möglichen Sorgfalt und Genauigkeit angestellt sind, und dann weil sie sich dem Gesetze der Veränderung des specifischen Gewichts in den Thonmassen anschliefst, nach welchem das *specifische Gewicht dieser Massen im umgekehrten Verhältnifs zu dem Grade des Brennens steht*, oder was dasselbe sagen will, dafs die Dichtigkeit des Pulvers dieser Massen um so geringer ist, je mehr die Masse gebrannt ist.«

Hr. Brongniart bemerkt noch in einer Note, dafs man die Aenderung im specifischen Gewichte nicht einer etwanigen Entweichung von Wasser oder von einem andern Körper zuzuschreiben habe, da sehr genaue Versuche ihn überzeugt hatten, dafs verglühtes Porcellan beim Brennen im Gutofen nichts von seinem Gewichte verliere.

Ungeachtet die angegebenen Thatsachen als hinrei-

chend bestätigt angenommen werden konnten, so wollte ich mich doch, ehe ich weitere Schlüsse darauf baute, gern selbst von der Richtigkeit derselben überzeugen, was mir um so leichter wurde, als ich durch die Güte des Directors der hiesigen Königl. Porcellanfabrik, Hrn. Geh. Oberbergrath Frick, der sich selbst für diese Versuche sehr interessirte, nicht allein mit dem dazu nöthigen Material versehen wurde, sondern auch die Gelegenheit erhielt, in einem der Gutöfen der Porcellanfabrik die nöthigen Schmelzungen und Glühungen vorzunehmen. Ich erhielt so von Hrn. Frick 9 verschiedene Proben Porcellan, von denen die Probe No. 1 nur verglüht, No. 9 bis zum Erkalten im Gutofen gelassen, die übrigen aber nur resp. 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 Stunden im Gutfeuer geblieben waren.

Die Proben No. 1 bis 4 waren weich, leicht zerbrechbar und an der Zunge hängend, die ersteren von ihnen im gröfseren, die letzteren im geringeren Grade; die Probe No. 5 haftete nicht mehr an der Zunge, und hatte schon ziemlich dieselbe Härte wie alle folgenden, sie war aber im Bruche noch matt; eben so verhielt sich auch No. 6; dagegen 7 und 8 schon in allen Eigenschaften mit No. 9 übereinkamen. Bei allen diesen Proben waren aber im Bruche mit blofsen Augen mehr oder weniger häufige Poren wahrzunehmen, so dafs es nöthig war, um für die Bestimmung des specifischen Gewichts ein constantes Resultat zu erhalten, die Proben vorher zu pulvern.

Ich fand auf diese Weise das specifische Gewicht der verglühten Porcellanmasse =2,613
von No. 3 =2,589
- No. 4 =2,566
- No. 9 =2,452.

Die Proben No. 5 bis 9, die nicht mehr an der Zunge hafteten, wurden auch in Stücken gewogen, und auf diese Weise das specifische Gewicht gefunden:

von No. 5	=2,310
- No. 6	=2,374
- No. 7	=2,347
- No. 8	=2,334
- No. 9	=2,345 [1]).

Hieraus ersieht man, dafs die verglühte Berliner Porcellanmasse dasselbe specifische Gewicht hat, als die von Sèvres, denn die Zahlen 2,613 und 2,619 sind so wenig verschieden, dafs man den Unterschied wohl unberücksichtigt lassen kann; dafs aber das gaar gebrannte Berliner Porcellan noch schwerer ist, als das von Sèvres, und zwar in dem Verhältnifs von 2,452 : 2,242. Es ist aber vielleicht dieser Unterschied weniger auffallend als die obige Uebereinstimmung, da die Berliner und Sèvres-Porcellanmassen nicht allein in ihrer Zusammensetzung sehr verschieden sind, sondern auch die Temperatur in dem Gutofen der Berliner Porcellanfabrik in dem Maafse höher ist, als in dem der Sèvres-Porcellanfabrik, dafs das Sèvres-Porcellan in dem Berliner Gutofen zusammensinkt. Indessen kann die Ursache des hohen specifischen Gewichtes des Berliner Porcellans in Vergleich mit dem des Sèvres - Porcellans nicht auf einem Irrthume beruhen, da, obgleich ich den Versuch nicht wiederholt habe, der Versuch mit dem ganzen Stücke ein specifisches Gewicht

1) Die Methode, deren ich mich hierbei bediente, war dieselbe, welche ich bei der Untersuchung des specifischen Gewichts des pulverförmigen Kalkspaths und Aragonits (Poggendorff's Annal. Bd. 42, S. 355) angewandt habe, indem ich das fein zerriebene und mit Wasser gekochte Porcellan zuerst unter Wasser wog und dann abdampfte, und nun erst das absolute Gewicht bestimmte. Ich habe hier nur die Aenderung gemacht, dafs ich die Wägung nicht in einem Glaskölbchen, sondern in einem Platingefäfse vornahm, wie sich dessen schon Heinrich Rose bei seinen Wägungen bedient hatte, was den Vorzug gewährt, dafs das Platin beim Abdampfen nicht angegriffen wird, während diefs bei einem Glasgefäfse stets der Fall ist. Das Zerkleinern des hart gebrannten Porcellans vor dem Zerreiben im Achatmörser geschah in einem Stahlmörser.

von 2,345 geliefert hat, das zwar wegen der eingeschlossenen Poren des Stücks geringer als das des Pulvers, aber immer noch viel höher ist, als das des Sèvres-Porcellans [1]).

Wenn aber auch die Versuche mit dem Berliner Porcellan nicht ganz gleiche Resultate gegeben haben, als mit dem Sèvres-Porcellan, so haben sie doch das Resultat vollkommen bestätigt, dafs das gaar gebrannte Porcellan ein geringeres specifisches Gewicht hat, als das ungebrannte.

Um nun über die Ursache dieser Erscheinung Aufschlufs zu erhalten, war es nöthig mit Bestimmtheit zu wissen, ob während des Brennens keine Aenderung in der chemischen Zusammensetzung des Porcellans vor sich ginge. Brongniart läugnet diefs zwar bestimmt, allein ich glaubte die Sache doch noch einmal untersuchen zu müssen, da Abich öfter von einer möglichen Verflüchtigung von Alkali spricht, die stattfinde, wenn man alkalihaltige Silicate mit kohlensaurem Baryt im Sefström'schen Ofen einige Zeit im Flufs erhält, oder wenn sich Obsidian durch Umschmelzung in Bimsstein umändere [2]). Ich stellte deshalb zuerst einen Versuch mit dem einen Gemengtheil des Porcellans, dem Feldspath, an, da dessen Zusammensetzung genau gekannt ist. 17,0045 Grm. Adular vom St. Gotthardt wurden in einem Platintiegel in dem Gutofen der Königl. Porcellanfabrik geschmolzen. Der Adular war hierdurch in ein weifses Glas umgeändert, das, wie diefs bei allen Varietäten des Feldspaths der Fall ist, voller kleiner Blasen war. Sein Ge-

1) Der Unterschied in dem specifischen Gewichte der übrigen Proben, die in Stücken gewogen sind, rührt offenbar auch von diesen Poren her, die in den verschiedenen Stücken leicht in verschiedener Menge sich finden können, und würde gewifs, wenn die Proben in Pulverform gewogen wären, fortgefallen seyn.

2) Poggendorff's Annalen, Bd. L, S. 130. Ueber die Bildung und den Zusammenhang der vulkanischen Bildungen, S. 69.

wicht betrug nun 16,9950 Grm.; es hatte also verloren 0,0095 Grm. oder 0,056 Proc., ein Verlust, der so unbedeutend ist, dafs er wohl übersehen werden kann.

Einen andern Versuch mit dem Porcellan selbst stellte zu gleicher Zeit Hr. Frick an. Eine kleine Platte von verglühter Porcellanmasse wurde im Gutofen gebrannt. Sie wog vor dem Brennen 240 Gran, und hatte nach dem Brennen nur den unbedeutenden Verlust von $\frac{1}{16}$ Gran erlitten.

Es war also auch durch diese Versuche dargethan, dafs die Aenderung des specifischen Gewichts, die das Porcellan durch das Brennen erleidet, von einer Aenderung in der chemischen Zusammensetzung nicht herrühren könne, und es lag nun nahe, sie ganz oder zum Theil in der Aenderung des Aggregatzustandes zu suchen, indem die Porcellanmasse beim Brennen in den glasigen Zustand übergeht, und es bekannt ist, dafs viele krystallisirte Körper, wenn sie geschmolzen werden und beim Erkalten ein Glas bilden, ein geringeres specifisches Gewicht erhalten, wenn sich auch sonst ihre chemische Zusammensetzung ganz gleich bleibt [1]). Um zu untersuchen, ob jene Aenderung überhaupt oder nur allein diesem Umstande zuzuschreiben sey, mufste zuerst das specifische Gewicht der Gemengtheile der Porcellanmasse vor und nach dem Schmelzen untersucht werden.

Die Masse des Berliner Porcellans besteht nur aus einem Gemenge von Porcellanerde und Feldspath, die beide vorher für sich allein geschlämmt werden. Nach den Mittheilungen von Hrn. Frick werden hierbei auf 198 Pfund Porcellanerde, welche 7,2 Proc. Wasser enthält, 58 Pfund Feldspath, d. h. auf 76,01 Proc. wasserfreier Porcellanerde 23,99 Proc. Feldspath genommen.

1) Diese Thatsache ist zuerst von Magnus bei der Untersuchung des specifischen Gewichts des Granat- und Vesuvianglases aufgefunden (Poggendorff's Annalen, Bd. 22, S. 389); sie ist nachher auch noch von G. Bischoff bei andern Körpern bestätigt worden.

Quarz und andere Zusätze finden nicht statt, da die Porcellanerde aus den Gruben von Morl bei Halle bezogen wird, also aus zersetztem Porphyr besteht, und deshalb auch im geschlämmten Zustande viel mehr eingemengten Quarz enthält, als die Porcellanerde, die sich aus verwittertem Granite bildet, wie z. B. die von Aue bei Schneeberg in Sachsen [1]). Der Feldspath ist sogenannter gemeiner Feldspath aus dem Granite der Gegend von Hirschberg in Schlesien.

Ich untersuchte zuerst das specifische Gewicht des Glases, in welches der oben erwähnte Adular vom Gotthardt beim Schmelzen im Gutofen übergegangen war. Da es ganz mit Blasen erfüllt war, so mufste es zu diesem Versuche auch gepulvert werden; sein specifisches Gewicht betrug aber in diesem Zustande 2,387; im krystallisirten Zustande beträgt es dagegen, nach Abich, 2,5756 [2]).

Ein ähnliches Resultat gab auch der geschlämmte Feldspath, wie er auf der hiesigen Fabrik benutzt wird, so wie auch, nach Abich's Versuchen, der glasige Feldspath.

Das specifische Gewicht des ersteren fand ich 2,592, und nachdem er in dem Gutofen zu Glas geschmolzen war, 2,384.

Das specifische Gewicht des krystallisirten glasigen Feldspaths von Ischia beträgt, nach Abich, 2,5972, zu Glas geschmolzen 2,4008 [3]).

1) Vergl. hierüber Mitscherlich's Lehrbuch der Chemie, 2. Aufl. Th. 2, S. 215, und den Anhang zu Ende der Abhandlung.

2) Vergl. a. a. O. die Tabelle zu S. 7.

3) Vor Kurzem hat auch noch Deville Versuche über das specifische Gewicht der zu Glas geschmolzenen Körper angestellt (in dem 19. Stück der *Comptes rendus* der Pariser Academie, S. 1453), die mir indessen erst bekannt geworden sind, nachdem dieser Aufsatz schon geschrieben war. Er untersuchte auch das specifische Gewicht des krystallisirten und zu Glas geschmolzenen Adulars vom St. Gotthardt, und fand ersteres 2,5610, letzteres 2,3512.

Bei allen diesen Abänderungen des Feldspaths findet also durch die Schmelzung eine Verminderung im specifischen Gewichte von ungefähr $\frac{1}{13}$ statt.

Mit der Porcellanerde, dem andern Gemengtheil, geht, wenigstens in der Hitze, die der Gutofen der Porcellanfabrik darbietet, keine solche Veränderung wie mit dem Feldspath vor; die Porcellanerde ist in diesem Hitzegrad unschmelzbar, sie backt darin wohl etwas zusammen, läfst sich aber auch nach dem Brennen mit Leichtigkeit zerdrücken und zerreiben. Ihr specifisches Gewicht fand ich indessen nun ebenfalls etwas geringer, als wenn sie nur kurze Zeit über der Spirituslampe geglüht war. Die auf der hiesigen Fabrik geschlämmte und nachher getrocknete Porcellanerde verlor, im Wasserbade getrocknet, 0,85 Proc., und als sie darauf zwei Mal zehn Minuten lang über der Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge stark erhitzt wurde, 8,55 Proc. Das specifische Gewicht dieser nur so weit erhitzten Porcellanerde betrug aber 2,633, das Gewicht der in dem Gutofen geglühten Porcellanerde dagegen nur 2,562, und als der Versuch mit derselben Menge noch einmal wiederholt wurde, 2,564.

Ich mufs es dahin gestellt seyn lassen, was der Grund dieses Verhaltens der Porcellanerde sey, ob er wirklich in einer allotropischen oder chemischen Veränderung besteht, die in der Masse beim Brennen vorgeht [1]), oder ob er vielleicht darin liegt, dafs die schwach gebrannte Porcellanerde, wie der schwach gebrannte Gyps beim Wiegen im Wasser, Wasser bindet, oder, wie die pulverförmige Kohle Gasarten, Wasser verdichtet, und dadurch das Resultat der Wägung unrichtig macht; so viel ergiebt sich, dafs wenigstens ein Gemengtheil des Porcellans nach dem Schmelzen ein geringeres specifisches Gewicht erhält.

1) Die Plasticität verliert die Porcellanerde schon beim Glühen über der Spirituslampe.

Man kann nun zwei Ansichten aufstellen, wie man sich das Porcellan zu denken habe. Dasselbe ist entweder auch im gebrannten Zustande ein Gemenge, also ein Feldspathglas, worin die Porcellanerde als solche enthalten ist, oder die beiden Gemengtheile sind ganz oder zum Theil chemisch mit einander verbunden. Für die erstere Ansicht spricht gewissermafsen die geringe Durchsichtigkeit des Porcellans, so wie auch sein Ansehen unter dem Mikroskop nach den Zeichnungen, die Ehrenberg davon geliefert hat [1]). In diesem Fall müfste aber das specifische Gewicht des Porcellans, wenn man es aus den specifischen Gewichten der Gemengtheile (Feldspath =2,384, Porcellanerde =2,563) und der bekannten Zusammensetzung berechnet, mit dem gefundenen specifischen Gewichte übereinkommen, was aber nicht der Fall ist, denn man erhält auf diese Weise die Zahl 2,518 statt 2,452 [2]), also eine gröfsere Zahl als der Versuch ergeben hat.

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 39, S. 106.

2) Bezeichnet man mit s, s', s'' das specifische Gewicht, und mit x, x', x'' das absolute Gewicht der Gemengtheile und der Verbindung, so ist:

$$\frac{x''}{s''} = \frac{x}{s} + \frac{x'}{s'}, \text{ also } s'' = \frac{x''.s.s'}{xs' + x's},$$

wonach die obige Zahl berechnet ist. Berechnet man das specifische Gewicht der schwach geglühten Porcellanerde nach dem specifischen Gewichte des Feldspaths (2,592) und des nur verglühten Porcellans (2,613), so erhält man, nicht sehr verschieden von dem Versuch, 2,620 statt 2,633; berechnet man indessen die Zusammensetzung der Porcellanmasse nach dem specifischen Gewicht derselben und nach dem der Gemengtheile, so erhält man etwas über 48 Proc. Feldspath statt 24, daher die Bestimmung des spec. Gewichts der schwach geglühten Porcellanerde doch nicht richtig zu seyn scheint. Man sieht aber zugleich, wie klein die Abweichungen im specifischen Gewichte zu seyn brauchen, um schon eine grofse Aenderung in der chemischen Zusammensetzung zu verursachen, und wie mifslich es ist, dergleichen Schlüsse zu machen, zumal hier, wo man es mit Materialien zu thun hat, die im Grofsen gereinigt und gemengt werden. Dennoch ist aber bei dem gaar gebrannten Porcellan der Unterschied

Wahrscheinlich wirken also doch bei dem Brennen der Porcellanmasse die beiden Gemengtheile ganz oder zum Theil (denn die Porcellanerde von Morl ist ja selbst noch ein Gemenge) chemisch auf einander, und dehnen sich dabei aus, da ja öfter die chemische Verbindung ein geringeres specifisches Gewicht hat, als sich aus den Bestandtheilen folgern läfst. Diese Ausdehnung, wenn sie in der That stattfindet, kommt noch zu der hinzu, die der glasartige Zustand für sich allein hervorbringt, und beide bewirken dann zusammen die Ausdehnung, die die Porcellanmasse beim Brennen erleidet.

Eine solche Ausdehnung findet also immer statt, und das Schwinden der Porcellanmasse beim Brennen im Gutofen ist demnach nur scheinbar, und wird nur durch das Wegfallen der leeren Räume in dem Thone, die theils durch die lockere Zusammenhäufung, theils durch das Entweichen des Wassers beim Brennen im Verglühofen entstehen, hervorgebracht.

Anhang.

Nach den Analysen von Forchhammer [1]) besteht die geschlämmte Porcellanerde von Aue bei Schneeberg (*a*) und von Morl bei Halle (*b*) aus:

	(*a*)	(*b*)
Thonerde	37,57	22,00
Eisenoxyd, Manganoxyd u. Magnesia	Spur	1,87
Kieselsäure	44,30	27,96
Wasser	13,02	7,43
Kali	—	0,17
Kohlensaure Kalkerde	0,31	0,33
Quarz	5,12	39,19
	100,32	98,95.

in dem berechneten und gefundenen specifischen Gewichte zu grofs, um ihn blofs aus Fehlern in den der Rechnung zu Grunde liegenden Zahlen erklären zu können.

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 35, S. 336. Die Bestandtheile der

Die Porcellanerde wurde bei diesen Analysen mit Schwefelsäure zersetzt, und der eingemengte Quarz von der abgeschiedenen Kieselsäure durch kohlensaures Natron geschieden.

Der gröfsere Gehalt an Kieselsäure in der durch Zersetzung des Porphyrs entstandenen Porcellanerde, in Vergleich mit der aus dem Granit entstandenen, ist wohl erklärlich. Nach meinen Untersuchungen bestehen der gewöhnliche Granit und der rothe Porphyr aus denselben Gemengtheilen, nämlich aus Feldspath, Oligoklas, Quarz und Magnesiaglimmer, und beide Gebirgsarten unterscheiden sich nur dadurch von einander, dafs im Granit die Gemengtheile im körnigen Gefüge, in dem Porphyr aber in einer Grundmasse enthalten sind, die, wenngleich in der Regel scheinbar gleichartig, doch nur als ein inniges Gemenge derselben Gemengtheile, die auch im deutlich krystallisirten Zustande in ihr enthalten sind, angenommen werden kann. Verwittert der Porphyr, so kann der in der Grundmasse enthaltene, mit blofsen Augen nicht sichtbare Quarz bei seiner grofsen Feinheit durch Schlämmen von dem zersetzten Feldspath und Oligoklas nicht getrennt werden, sondern nur der gröbere deutlich krystallisirte; aus dem Granit dagegen, wo alle Gemengtheile sich vollkommener abgesondert haben, wird demnach auch, wenn er verwittert, der Quarz von den verwitterten Gemengtheilen viel vollkommener zu trennen seyn.

Wir haben vor Kurzen mehrere Analysen der rothen Porphyre aus der Gegend von Halle durch Wolff erhalten [1]), die um so schätzbarer sind, je seltener die Chemiker Analysen von Gebirgsarten unternehmen. Hr. Wolff äufsert dabei aber eine theoretische Ansicht über die Zusammensetzung der Porphyre, der ich nicht bei-

hier mitgetheilten Analysen sind in Procenten berechnet, was in der Abhandlung nicht der Fall ist.

1) Journal für practische Chemie; von Erdmann und Marchand, Bd. 34, S. 199.

stimmen kann, da sie durch die Thatsachen nicht gerechtfertigt wird. Wolff berechnet nämlich nach dem in den Porphyren gefundenen Kali- und Natrongehalt die Menge des Feldspaths und Albits, die in den Porphyren, seiner Meinung nach, enthalten sind, und zeigt nun, dafs man auf diese Weise stets einen Ueberschufs an Kieselsäure, so wie auch von kleinen Mengen von Thonerde, Eisenoxyd und Kalkerde erhalte. Aus den vier angestellten Analysen ergiebt sich nämlich auf diese Weise ein Gehalt von

Feldspath von	15 — 25 Proc.
Albit	33 — 46 -
Kieselsäure	30 — 40 -
Thonerde, Eisenoxyd und Kalkerde	4 — 7 -

Diefs veranlafst ihn nun anzunehmen, dafs diese überschüssige Kieselsäure, verunreinigt und gefärbt durch die andern überschüssigen Substanzen, die Grundmasse sey, worin der Feldspath, Albit und die andern seltneren Gemengtheile sich ausgeschieden hätten und krystallisirt wären.

Der rothe Porphyr enthält aber gar keinen Albit, sondern neben dem Feldspath nur Oligoklas. Ich habe diefs zwar bei den Halleschen Porphyren noch nicht speciell untersucht, aber ich habe mich davon bei den rothen Porphyren des Riesengebirges überzeugt, und es ist nicht wahrscheinlich, dafs die rothen Porphyre von Halle sich darin anders verhalten werden. Ja es wird mir sogar bei fortgesetzter Untersuchung der Gebirgsarten sehr wahrscheinlich, *dafs der Albit nie einen Gemengtheil der Gebirgsarten bildet, sondern sich immer nur in Gängen oder Drusenräumen finde.* — Aufserdem könnte auch, wenn die Wolff'sche Ansicht von dem Porphyr die richtige wäre, die Grundmasse nicht schmelzbar seyn, was sie doch stets mehr oder weniger ist. Es scheint mir daher, dafs die Ansicht, die ich eben von dem Porphyre aufgestellt habe, den Vorzug verdiene.

IX. *Ueber Säure im Bernstein und über zähflüssigen Bernstein; von E. F. Glocker.*

Luftblasen, welche sich in einer tropfbaren Flüssigkeit bewegen, hat man bekanntlich schon oft im Bernstein eingeschlossen gefunden. Die sie umgebende Flüssigkeit selbst hielt man bisher ohne nähere Untersuchung für Wasser. (Fr. S. Bock, Versuch einer kurzen Naturgeschichte des preufs. Bernsteins etc. Königsberg 1767. S. 64. — Ayke, Fragmente zur Naturgesch. des Bernsteins. Danzig 1835. S. 60.)

Unter den mir zu Gesicht gekommenen Bernsteinstücken mit Luftblasen wurde einmal eins, in welchem die Luftblase ganz nahe unter der Oberfläche war, an der Stelle über der Blase mit einem Messer eingedrückt. Die Messerspitze, welche in die sehr kleine Oeffnung eindrang, wurde feucht und etwas rostig, woraus sich auf die Anwesenheit einer *Säure* schliefsen liefs. Die Menge der Feuchtigkeit war aber so gering, und sie verdunstete so schnell, dafs sich keine weiteren Versuche damit anstellen liefsen.

Am 19. März 1836 kaufte ich von dem Bernsteinfabrikanten Hrn. Winterfeld aus Danzig ein kleines Stück eines vollkommen durchsichtigen hellgelben Bernsteins mit zwei Luftblasen, welche sich, wie gewöhnlich, in einer Flüssigkeit bewegten. Nach der an dem zuvor erwähnten Stücke gemachten Erfahrung vermuthete ich, dafs diese Flüssigkeit auch in dem neuen Stücke eine Säure sey. Es wurde indessen unversehrt in die Mineraliensammlung der hiesigen Universität gelegt. Ich sah von Zeit zu Zeit nach demselben, weil ich fast fürchtete, es möchte, da das Stückchen dünn ist, damit ergehen,

wie es mir schon zwei Mal mit Vicentinischen Chalcedonkugeln, welche Luftblasen enthielten, ergangen war, dafs die Feuchtigkeit verdunsten und dann die beweglichen Luftblasen verschwinden möchten. Ich fand jedoch die Blasen durch das ganze Jahr hindurch fortwährend eben so deutlich und beweglich wie am Anfang, und fürchtete nun weiter nichts, zumal da mir Hr. Winterfeld die Versicherung gegeben hatte, dafs bei den von ihm verarbeiteten Bernsteinen, welche dergleichen bewegliche Luftblasen enthielten, nie ein Austrocknen stattgefunden habe. Im folgenden Jahre (1837) sah ich das betreffende Exemplar nicht eher wieder als am 26. Junius. Ich drehte es hin und her, hielt es bald in dieser, bald in jener Richtung gegen das Licht, — es war aber nichts mehr von Luftblasen zu bemerken. Diese hatten sich also, von der Zeit des Ankaufs an, nur ein Jahr und etwas über drei Monate erhalten. Dagegen zeigte das Stück nun zwei kleine Vertiefungen, welche früher nicht daran befindlich gewesen waren. Beide, besonders aber die eine, waren im Grunde und an ihren Seiten feucht. Ich zog aus der letzteren mit einer reinen Federkielspitze eine kleine Quantität einer *klebrigen Feuchtigkeit* hervor. Auf ihrem Grunde war diese Höhlung nicht concav, sondern es ragte in ihrer Mitte eine Convexität, ein grofses Segment einer kleinen Kugel von ganz befeuchteter Bernsteinmasse hervor. Es war keinem Zweifel unterworfen, dafs diese kleinen Löcher die Stellen waren, wo die Luftblasen in der eingeschlossenen Feuchtigkeit sich bewegt hatten; ich konnte mich ihrer Lage nahe unter der Oberfläche und ihrer Entfernung von einander sehr gut erinnern. Wie sind nun diese Löcher entstanden? Eingeschlossenes Wasser hätte unmöglich diesen Erfolg hervorbringen können. War das Eingeschlossene wieder eine Säure, vielleicht freie Bernsteinsäure? Oder war es ein ätherisches Oel, welches auf den Bernstein allmälig auflösend gewirkt und die dünne

Bernsteinhülle nach aufsen aufgezehrt hat, wodurch dann die beiden Höhlungen, worin die beiden Luftblasen eingeschlossen gewesen waren, nach aufsen zu sich öffneten? — In dem Zustande, in welchem ich das Bernsteinstück nach dem Verschwinden der Luftblasen antraf, war es nicht mehr möglich, die Natur der tropfbaren Flüssigkeit, worin sich die Luftblasen bewegt hatten, zu bestimmen; denn es war von dieser nichts mehr vorhanden, sondern statt derselben nur der schwache klebrige Ueberzug auf den inneren Wänden der Höhlungen, welcher in kurzer Zeit vertrocknete.

Ich habe mit der Bekanntmachung dieser noch zu isolirt dastehenden und unbefriedigenden Beobachtungen absichtlich bis jetzt gezögert, weil ich hoffte, in der Zwischenzeit entweder durch weitere eigene oder durch fremde Untersuchungen näheren Aufschlufs über die Erscheinung zu erhalten. Da dieses aber nicht geschehen ist, so glaube ich, dafs jetzt die obige Mittheilung wenigstens nicht für übereilt gehalten werden wird, und möglicherweise den Nutzen haben kann, diejenigen Forscher, welche viele Erfahrungen über den Bernstein gesammelt haben, zu veranlassen, ihre Ansicht über die in Rede stehende Erscheinung zu äufsern.

Was die klebrige Feuchtigkeit in den Höhlungen des zuletzt erwähnten Bernsteinstücks betrifft, so wird man dieselbe wohl kaum für etwas Anderes als für *Bernstein* selbst *in halbflüssigem oder zähflüssigem Zustande* halten können, vielleicht durch ein ätherisches Oel aufgelöst. Dafs es zähflüssigen Bernstein gebe, war schon eine alte Meinung. Beispiele von solchem führen Göbel (*de succino, L. II, p.* 26); Wigand (*vera historia de succino bor. Jen.* 1590. *p.* 19); Fr. v. Beroldingen (Beobachtungen, Zweifel und Fragen, die Min. etc. betr., I, 1792. S. 370) und Andere an. Indessen hat schon Hartmann (*succincta succini pr. historia, Ed.* 2, *p.* 17) Zweifel dagegen geäufsert. Fr. S. Bock (Vers.

(Versuch einer Naturgesch. d. B., S. 63) nennt die Angaben von zähflüssigem Bernstein ungewifs, ohne jedoch ihre Richtigkeit zu läugnen, setzt vielmehr aus seiner eigenen Erfahrung hinzu, dafs es weicheren und härteren Bernstein gebe, dafs mancher sich nicht so gut wie der andere verarbeiten lasse, und dafs einmal ein Bernsteindrechsler eine Quantität Bernstein verarbeitet habe, der seine Politur in der Wärme verlor und beim Bohren an dem Eisen wie Gummi klebte. Unter den neueren Schriftstellern läugnet Ayke (Fragmente etc., S. 40) das Vorkommen von zähflüssigem Bernstein geradezu, weil ihm selbst in einer Reihe von 14 Jahren niemals ein solcher in die Hände gekommen sey, was doch, wie man sogleich sieht, kein Grund ist. Wenn auch manchmal Verwechslungen vorgekommen seyn mögen, so berechtigt dieses noch nicht zu der Folgerung, dafs unter den angeblich zähflüssigen Bernsteinstücken, dergleichen auch von Leuten gefunden worden sind, die, weil sie sich viel mit dem Bernstein beschäftigten, diesen recht gut kannten, sich nicht auch wahrer Bernstein befunden haben könne.

Dafs der Cohäsionszustand des Bernsteins und im Zusammenhange damit der Grad seiner Schmelzbarkeit etwas variabel ist, davon habe ich mich durch wiederholte Versuche mit ausgezeichneten Bernsteinstücken von der preufsischen Küste überzeugt, wovon ich die Resultate später mittheilen werde. Möglicherweise kann nun auch der Grad der Weichheit bis zu dem Zustande zunehmen, in welchem der Bernstein, wenigstens theilweise, und namentlich im Innern, noch zähflüssig und klebrig erscheint, da ja ohnediefs der feste Bernstein aus diesem Zustande hervorgegangen ist, wie das Erdpech aus dem Bergtheer.

X. *Ueber die quantitative Bestimmung des Harnstoffs, des Kalis und Ammoniaks im Harn, und über die Zusammensetzung des salpetersauren Harnstoffs; von W. Heintz.*

Die Methoden der quantitativen Abscheidung des Harnstoffs aus dem Harn, welche man bisher angewendet hat, sind, wie schon eine oberflächliche Betrachtung derselben vermuthen läfst, nichts weniger als genau. Der Wunsch, auch in die Analyse thierischer Flüssigkeiten eben so scharfe quantitative Bestimmungsmethoden der näheren Bestandtheile derselben einzuführen, wie wir sie in der unorganischen Chemie besitzen, veranlafste mich, zuerst den in physiologischer und pathologischer Hinsicht wichtigsten Stoff im Harn, den Harnstoff, nach dieser Richtung hin zu untersuchen. Zuerst scheint es mir nöthig, die Gründe anzuführen, wodurch ich den früher angewendeten oder vorgeschlagenen Methoden die erforderliche Genauigkeit abzusprechen berechtigt bin.

Berzelius [1]) Methode der quantitativen Bestimmung des Harnstoffs besteht darin, dafs nach Abscheidung der in käuflichem, so wie in absolutem Alkohol unlöslichen und der in Aether löslichen Stoffe aus dem Rückstande mit Oxalsäure der Harnstoff gefällt, das oxalsaure Salz abgeprefst und nun mit kohlensaurem Kalk zersetzt wird. Die Auflösung des Harnstoffs wird eingedampft und gewogen. Diese Methode ist schon ihrer Umständlichkeit wegen für die meisten Fälle unbrauchbar. Berzelius stellt ja auch selbst seinen Gang der Analyse des Harns mehr als eine Idee, denn als eine unverbesserliche Methode hin. Auf der anderen Seite ist es aber nicht zu läugnen, dafs sie auch hinsichtlich

1) Berzelius, Lehrbuch der Chemie, 3. Auflage, Bd. 9, S. 511.

ihrer Genauigkeit manche Mängel hat. Erstens ist es die bekannte Zersetzbarkeit geringer Mengen Harnstoffs beim Abdampfen verdünnter wäfsriger Lösungen, dann aber die nicht vollständige Unlöslichkeit des oxalsauren Harnstoffs im Wasser, ein Umstand, der es unmöglich macht, einerseits die ganze Quantität des Harnstoffs niederzuschlagen, andererseits aber die durch Alkohol und Aether nicht abscheidbaren Extractivstoffe durch Auswaschen vollständig zu entfernen, endlich die nicht vollständige Unlöslichkeit des Harnstoffs in Aether, was dazu beitragen möchte, diese Methode ungenau zu machen.

Schon seit sehr langer Zeit wurde die Fällbarkeit des Harnstoffs durch Salpetersäure zur Bestimmung der Menge des im Harn enthaltenen Harnstoffs angewendet, ohne dafs die Genauigkeit dieser Methode erwiesen worden wäre. Doch schied man anfangs den Harnstoff aus dieser Verbindung rein ab, und wog ihn als solchen.

Lecanu [1]) hat zuerst die unmittelbare Wägung des salpetersauren Harnstoffs dazu angewendet, und hat einige Versuche gemacht, welche die hinreichende Genauigkeit seiner Methode darthun sollten. Es würde eine unnütze Arbeit seyn, wollte ich seine Versuche einzeln prüfen, da es mir auf eine andere Weise gelungen ist, die Ungenauigkeit seiner Methode darzuthun. Sie war kurz folgende: Der Harn wurde abgedampft, mit Alkohol ausgezogen, die alkoholische Lösung wieder eingedampft, und der Rückstand mit einem gleichen Volumen Salpetersäure versetzt. Der so erhaltene salpetersaure Harnstoff wurde abgeprefst, getrocknet, gewogen, und aus seinem Gewicht das des darin enthaltenen Harnstoffs berechnet.

Später haben Simon [2]) und Lehmann [3]) ihre

1) *Journal de Pharmacie, T. XXV, p.* 686.

2) Physiologische und pathologische Chemie, Bd. 2, S. 348.

3) Journal für practische Chemie, Bd. 25, S. 8. (1842.)

Methoden, den Harnstoff quantitativ zu bestimmen, genauer beschrieben. Sie sind im Wesentlichen nicht von der von Lecanu angegebenen verschieden. Beide beruhen gleichfalls auf der Fällbarkeit des Harnstoffs durch Salpetersäure und auf der constanten Zusammensetzung seiner Verbindung mit dieser Säure. Selbst im Einzelnen weichen sie kaum von der Methode von Lecanu ab, nur in den Manipulationen sind sie etwas verschieden. Lehmann fand schon, dafs der so abgeschiedene Harnstoff nie weifs erhalten wird, und dafs er noch Salze enthält, und schliefst daraus mit Recht auf die Ungenauigkeit der Methode, welche er dadurch zu umgehen sucht, dafs er den erhaltenen salpetersauren Harnstoff nochmals auflöst, eindampft und mit Salpetersäure von 1,322 spec. Gewicht fällt, indem er voraussetzt, dafs er in dieser Säure ganz unlöslich ist, obgleich er in der von dem so erhaltenen reineren salpetersauren Harnstoff abfiltrirten Flüssigkeit noch, wenn auch, wie er sagt, kaum Spuren von Harnstoff fand.

Um die Methode zu prüfen, nach welcher aus der Menge des abgeschiedenen salpetersauren Harnstoffs die Quantität des Harnstoffs bestimmt wird, war es vor allen Dingen nöthig, die noch schwebende Frage über die Zusammensetzung dieser Verbindung zu erledigen. Bekanntlich hat zuerst Prout [1]) ihre Zusammensetzung zu bestimmen gesucht. Er glaubt dargethan zu haben, sie bestände aus einem Atom Salpetersäure und einem Atom Harnstoff ohne Wasser. Die Bestimmung des Gehalts an Salpetersäure hat er auf doppelte Weise ausgeführt. Zuerst bestimmte er die Quantität kohlensaurer Kalkerde, welche vermittelst einer gewogenen Menge salpetersauren Harnstoffs aufgelöst wurde, indem er diesen mit einem gleichfalls gewogenen Quantum derselben digerirte und den ungelösten kohlensauren Kalk auswusch und wog. Hieraus war die Quantität der Salpetersäure leicht

1) *Medico-Chirurgical Transactions*, *Vol. VIII*, *p.* 535.

zu berechnen. Dann aber versuchte er diejenige Menge Salpetersäure zu bestimmen, welche eine gewogene Quantität Harnstoff aufzunehmen im Stande ist. Letztere Methode nennt Prout selbst ungenau. Das Resultat, welches er nach der ersteren erhielt, möchte aber auch nicht grofses Vertrauen, in Beziehung auf die Frage, um welche es sich hier handelt, nämlich ob der salpetersaure Harnstoff ein Atom Wasser enthält, oder nicht, verdienen. Denn er hat nur einen einzigen Versuch gemacht. Es ist also gar keine Controle für die Richtigkeit seines Resultates vorhanden. Dieses steht aber in der Mitte beider Ansichten, obgleich freilich der seinigen näher. Nach ihm hat Lecanu [1]) einige Versuche gemacht, um die Zusammensetzung dieser Verbindung zu bestimmen. Er löste nämlich eine gewogene Quantität derselben in Wasser, und setzte dieser Lösung so viel einer Auflösung von kohlensaurem Natron von bekannter Concentration hinzu, bis die anfangs intensiv saure Reaction verschwand. Aus der Menge der angewendeten Auflösung berechnete er den Gehalt des salpetersauren Harnstoffs an Säure. Bei Anwendung dieser Methode möchte man, so bequem und einfach sie scheint, Schwierigkeiten begegnen, die gerechte Zweifel an ihrer Genauigkeit aufkeimen lassen. Auch stimmt das Resultat derselben mit den vielfachen Versuchen, welche ich, um die Zusammensetzung dieser Verbindung zu ermitteln, angestellt habe, nicht überein.

Später hat sich Regnault [2]) die Untersuchung des salpetersauren Harnstoffs zur Aufgabe gemacht. Er wendete dazu die Elementaranalyse an, und fand durch dieselbe von denen Prout's abweichende Resultate. Nach ihm besteht diese Verbindung aus einem Atom Salpetersäure, einem Atom Harnstoff und einem Atom Wasser.

1) *Journal de pharmacie*, *T. XVII*, *p.* 651.

2) *Annal. de chimie et de physique*, *T. LXVIII*, *p.* 155. (1838.).

Lehmann's[1]) Untersuchung des salpetersauren Harnstoffs stimmt dagegen wieder mit der von Prout überein. Er hat jedoch auch nur eine Analyse gemacht. Es fehlt daher gleichfalls die Controle für ihre Richtigkeit, obgleich gegen die Methode, welche er anwendete, wohl schwerlich a priori etwas möchte eingewendet werden können. Er digerirte nämlich eine gewogene Quantität des Salzes mit kohlensaurer Baryterde, filtrirte die Auflösung des salpetersauren Baryts und des Harnstoffs ab, dampfte ab, und zog den Rückstand mit Alkohol aus. Das Ungelöste wurde gewogen und daraus die Quantität der Salpetersäure berechnet. Aus der alkoholischen Flüssigkeit wurde durch Abdampfen der Harnstoff erhalten. Auffallend ist es, dafs Lehmann im ersten Bande seiner physiologischen Chemie, welche in demselben Jahre herausgekommen ist, wie der so eben citirte Aufsatz: »Ueber den menschlichen Harn etc.,« nichts von seiner Untersuchung der Zusammensetzung des salpetersauren Harnstoffs erwähnt, und dafs er darin, dieser entgegen, die von Regnault aufgefundene aufstellt.

Diese verschiedenen Resultate verschiedener Forscher veranlafsten mich bereits vor einem Jahre, die Untersuchung dieser Verbindung von Neuem aufzunehmen. Die beste und sicherste Methode schien mir die von Regnault angewendete Elementaranalyse zu seyn. Ich verbrannte den salpetersauren Harnstoff mit Kupferoxyd, mit der Vorsicht, dafs am nicht zugeschmolzenen Ende des Verbrennungsrohrs eine bedeutende Schicht zuerst in der Luft, dann in Kohlenoxydgas geglühter Kupferdrehspäne angebracht wurde, um die vollständige Reduction der Salpetersäure zu Stickstoff zu bewirken. Den Stickstoffgehalt bestimmte ich gleichfalls durch Verbrennung der Substanz mit Kupferoxyd und Kupfer in einem Strom von Kohlensäure auf eine ähnliche Weise, als ich sie in meiner Abhandlung »Ueber die Zucker-

1) Journal für practische Chemie, Bd. 25, S. 13.

säure« bei Untersuchung der Verbindung von salpetersaurem und zuckersaurem Bleioxyd [1]) beschrieben habe; nur mit dem Unterschiede, dafs ich das Verbrennungsrohr nicht am hinteren Ende abschmolz, sondern in steter Communication mit dem Kohlensäureapparate liefs. Dadurch wurde die Anwendung des kohlensauren Bleioxyds unnöthig.

Das Material zu den Analysen war einestheils aus Harn dargestellter, schön krystallisirter, fast vollkommen weifser salpetersaurer Harnstoff, anderentheils aber hatte ich mir diese Verbindung aus künstlich dargestelltem, vollkommen reinem und weifsem Harnstoff bereitet. Beide waren mehrmals umkrystallisirt worden.

Der aus Harn erhaltene gab, bei 110° getrocknet, folgende Zahlen:

Aus 0,6723 Grm. dieser Verbindung erhielt ich 0,2465 Grm. Kohlensäure und 0,2488 Grm. Wasser. Diefs entspricht 10,01 Proc. Kohlenstoff und 4,11 Proc. Wasserstoff.

0,2972 Grm. desselben gaben 85 Kubikcentimeter feuchten Stickstoffs bei 0,7621 M. Barometerstand und 12° C. Diefs beträgt 80,5 Kubikcentimeter des trocknen Gases bei 0,760 M. Barometerstand und 0° C., d. h. 0,10207 Grm. oder 34,34 Proc. Stickstoff.

Das Resultat der Analyse der aus künstlichem Harnstoff erhaltenen Verbindung ist folgendes:

0,9716 Grm. desselben gaben 0,3494 Grm. Kohlensäure und 0,3606 Grm. Wasser. Diefs entspricht 9,82 Proc. Kohlenstoff und 4,12 Proc. Wasserstoff.

Aus 0,2527 Grm. Substanz erhielt ich 77,5 Kubikcentimeter feuchten Stickstoffs bei 22° C. und 0,750 M. Barometerstand. Hieraus ergiebt sich ein Volumen von 68,9 Kubikcentimetern trocknen Stickstoffs bei 0° C. und 0,760 M. Barometerstand. Diefs beträgt 0,08748 Grm. oder 34,57 Proc. Stickstoff.

1) Diese Annalen, Bd. 61, S. 341.

Zum Vergleich der Resultate setze ich Regnault's Analysen den meinigen bei:

	Aus Harn dargest. Verbind.	Aus künstl. Harnstoff dargest.	Regnault.		Berechnet.	
			I.			
Kohlenstoff	10,01	9,82	10,04	—	9,74	2C
Wasserstoff	4,11	4,12	4,09	—	4,04	5H
Stickstoff	34,34	34,57	34,03	34,29	34,40	3N̶
Sauerstoff	51,54	51,49	51,84	—	51,82	8O
	100	100	100		100.	

Die Resultate dieser Untersuchungen stimmen so gut überein, dafs mir kein Zweifel übrig blieb, dafs die Zusammensetzung des salpetersauren Harnstoffs die von Regnault angegebene ist, d. h. dafs er aus einem Atom Harnstoff, einem Atom Salpetersäure und einem Atom Wasser besteht.

In dem 4. Heft des Journals für practische Chemie vom Jahre 1845 hat dagegen Marchand [1]) eine Arbeit über die Zusammensetzung des oxalsauren und salpetersauren Harnstoffs publicirt, nach welcher derselbe zu Resultaten gelangt ist, welche von den bisher angeführten so sehr abweichen, dafs ich mich um so mehr veranlafst sah, meine früheren Versuche nochmals aufzunehmen, als, wenn die Richtigkeit jener unbezweifelbar wäre, die Unsicherheit bei Bestimmung des Harnstoffs als salpetersaures Salz dadurch nur noch vergröfsert erscheinen mufste: Marchand giebt nämlich an, er habe die aus saurer Lösung krystallisirte, bei 110° bis 120° C. getrocknete Verbindung, selbst wenn sie mehrmals aus wäfsriger Lösung umkrystallisirt worden war, aus zwei Atomen Salpetersäure, einem Atom Harnstoff und einem Atom Wasser zusammengesetzt gefunden. Nur durch Zusatz von Harnstoff zu einer Auflösung dieser Verbindung und durch Abdampfen zur Krystallisation ist es Marchand gelungen, Verbindungen des Harn-

1) Journal für practische Chemie, Bd. 34, S. 249.

stoffs mit weniger Salpetersäure darzustellen. Er erhielt auf diese Weise noch zwei solcher Verbindungen, von denen die eine, nach seiner Untersuchung, aus drei Atomen Salpetersäure, zwei Atomen Harnstoff und einem Atom Wasser, die zweite aus je einem Atom dieser Bestandtheile zusammengesetzt seyn soll.

Da ich gewifs wufste, dafs die von mir analysirten Verbindungen aus sehr sauren Lösungen erhalten, und dafs sie nur einige Male umkrystallisirt worden waren, so konnten mir schon um deswillen Marchand's Resultate nicht richtig scheinen. Um mich aber bestimmt davon zu überzeugen, habe ich seine Versuche nachgemacht, bin jedoch abermals zu anderen Resultaten gelangt als er. Marchand hat nämlich seine Verbindungen nicht mittelst der Elementaranalyse untersucht, sondern er hat die Salpetersäure mittelst kohlensauren Baryts an diese Basis zu binden gesucht, und aus der Quantität des aus der Lösung gefällten schwefelsauren Baryts die der Salpetersäure berechnet.

Dieselbe Methode wendete ich bei den folgenden Versuchen an, indem ich die möglichste Sorgfalt auf Zersetzung der etwa entstandenen sauren kohlensauren Baryterde verwendete. Die zu den Versuchen benutzte Substanz war vor jedem Versuche besonders dargestellt, und zwar aus einer sehr sauren Lösung krystallisirt worden. Sie wurde von derselben nur abgeprefst und zuerst sehr gelinde, dann bei 100° bis 110° getrocknet.

So erhielt ich aus 0,6648 Grm. der Verbindung 0,6295 Grm. schwefelsaure Baryterde, was 0,2923 Grm. oder 43,97 Proc. Salpetersäure entspricht.

0,831 Grm. salpetersauren Harnstoffs gaben 0,790 Grm. schwefelsaure Baryterde. Diefs entspricht 44,14 Proc. Salpetersäure.

Diese Resultate weichen von denen von Marchand sehr ab. Dieser fand nämlich etwa 61 Proc. Salpetersäure in dem auf gleiche Weise dargestellten Salze. Sie

stimmen aber mit der Rechnung vollkommen überein, wenn man annimmt, dafs diese Verbindung die aus der Elementaranalyse abgeleitete Zusammensetzung habe. Danach wären nämlich die Verhältnisse ihrer Bestandtheile folgende:

Harnstoff	48,86	754,23
Salpetersäure	43,85	677,04
Wasser	7,29	112,48
	100	1543,75.

Da Marchand seine zur Analyse bestimmten Substanzen bei 110° bis 120° getrocknet hat, so vermuthete ich, dafs dadurch eine partielle Zersetzung des Salzes bedingt seyn möchte, und dafs durch dieselbe seine Resultate erklärt werden könnten. Daher trocknete ich einige Proben aus saurer Lösung krystallisirten salpetersauren Harnstoffs anhaltend bei 120° C., nachdem sie bei 110° C. nicht mehr an Gewicht verloren hatten. Das Gewicht der Verbindung verringerte sich dadurch fortwährend, und die rückständige Masse enthielt, wie ich bei allen Versuchen mittelst Platinchlorid nachzuweisen Gelegenheit hatte, Ammoniak. Es ist also gewifs, dafs Marchand durch die Steigerung der Temperatur bis 120° C. eine Zersetzung einleitete, wodurch ich die Verschiedenheit unserer Resultate erklären zu können glaubte. Diefs ist aber dennoch nicht der Fall; denn bei der Untersuchung einer Probe dieser Verbindung, welche so lange bei 120° getrocknet war, bis kaum noch eine geringe Gewichtsveränderung bemerkt werden konnte, auf ihren Gehalt an Salpetersäure mittelst kohlensauren Baryts, fand ich nicht, wie Marchand, mehr von dieser Säure, sondern bedeutend weniger, als in dem unzersetzten salpetersauren Harnstoff.

0,3813 Grm. dieser Substanz gaben nämlich nur 0,2928 Grm. schwefelsaure Baryterde. Sie enthielt also 35,66 Proc. Salpetersäure.

Da es mir demnach nicht gelungen war, den Grund

der abweichenden Resultate unserer Versuche aufzufinden, so suchte ich nach einem Mittel, die Unmöglichkeit der Existenz einer Verbindung von Salpetersäure mit Harnstoff, die mehr als ein Atom Säure auf ein Atom Harnstoff enthielte, bei mehr als 100° C. direct zu beweisen. Diefs ist mir auf folgende Weise gelungen.

Eine in einem Platintiegel gut getrocknete, gewogene Quantität künstlich bereiteten Harnstoffs wurde nämlich mit überschüssiger Salpetersäure versetzt und bei möglichst niedriger Temperatur sehr langsam eingedampft. Nachdem alle Flüssigkeit bei etwa 60° bis 80° C. verdampft war, wurde der Rückstand bei 100° anhaltend getrocknet und gewogen. Existirte nun eine Verbindung von einem Atom Harnstoff mit mehr als einem Atom Salpetersäure bei einer Temperatur von 100° und selbst noch darüber, wie aus Marchand's Versuchen hervorzugehen scheint, so müfste sie sich gewifs auf die oben angegebene Weise gebildet haben; ich hätte daher einen bedeutend gröfseren Zuwachs des Gewichts erhalten müssen, als der durch die Elementaranalyse gefundenen Zusammensetzung des salpetersauren Harnstoffs entspricht. Diefs war aber nicht der Fall; im Gegentheil war der Gewichtszuwachs stets, wenn auch nur sehr unbedeutend, geringer, als er nach dieser Formel seyn müfste. Der Grund davon ist, dafs selbst bei so niedriger Temperatur eine geringe Menge des Harnstoffs durch die Salpetersäure zersetzt wird. Es bildet sich ein wenig salpetersaures Ammoniak, welches ich mittelst Zusatz von Platinchlorid zu der alkoholischen Auflösung der so erzeugten Verbindung leicht nachweisen konnte. Jedoch war stets nur so wenig davon vorhanden, dafs erst nach längerer Zeit sich wenige Krystallchen von Ammoniumplatinchlorid an den Wänden des Gefäfses ansetzten. Es konnte daher das Resultat des Versuchs dadurch nur unbedeutend verändert werden, wie auch aus den folgenden Zahlen hervorgeht.

0,2558 Grm. Harnstoff nahmen, auf diese Weise be-

handelt, um 0,263 Grm. zu. Der salpetersaure Harnstoff besteht danach aus 49,31 Proc. Harnstoff und 50,69 Proc. Salpetersäure und Wasser.

0,317 Grm. Harnstoff gaben 0,641 Grm. salpetersauren Harnstoff. Die Zusammensetzung desselben wäre, hiernach berechnet, 49,45 Proc. Harnstoff und 50,55 Proc. Salpetersäure.

Aus 0,3708 Grm. Harnstoff erhielt ich auf die angegebene Weise 0,7544 Grm. salpetersauren Harnstoff. Diefs würde einer Verbindung von 49,15 Proc. Harnstoff, und 50,85 Proc. Salpetersäure und Wasser, entsprechen.

Um auch den letzten Zweifel zu zerstreuen, bestimmte ich die Quantität Salpetersäure in dem salpetersauren Harnstoff, welcher nach diesem letzten Versuche erhalten worden war. Nach Behandlung desselben mit kohlensaurem Baryt erhielt ich aus der abfiltrirten Flüssigkeit 0,7074 Grm. schwefelsaure Baryterde. Diefs entspricht 43,54 Proc. Salpetersäure oder 50,77 Proc. Salpetersäure und Wasser. Der hiernach aus dem Verlust bestimmte Harnstoff würde also 49,23 Proc. betragen, also fast genau eben so viel, als nach der obigen Rechnung in der Verbindung enthalten seyn mufste.

Es ist durch diese Versuche also bewiesen, dafs die Salpetersäure sich mit dem Harnstoff nur in Einem Verhältnifs verbindet, und dafs diese Verbindung aus einem Atom Harnstoff, einem Atom Salpetersäure und einem Atom Wasser besteht. Es mufs daher auch die Quantität des Harnstoffs, welche in dem bei der Analyse gewonnenen salpetersauren Salze enthalten ist, nach der Formel $\overset{.:.}{\bar{N}} + C_2 H^4 \bar{N}^2 O^2 + \dot{H}$ berechnet werden. 100 Theile desselben enthalten also 48,86 Proc. Harnstoff. Da Simon sowohl wie Lehmann die Bestimmung dieses Stoffs auf die Annahme gegründet haben, dafs die salpetersaure Verbindung in 100 Th. 52,78 Th. Harnstoff enthielte, so müssen sämmtliche Zahlen, welche sie

erhalten haben, zu grofs seyn, und zwar in den meisten Fällen um mehr als 2 p.M. des angewendeten Harns.

Da es nun bekannt ist, dafs der salpetersaure Harnstoff in Wasser und in Salpetersäure nicht unlöslich ist, wie aus Lehmann's [1]) Versuchen unzweifelhaft hervorgeht, der fand, dafs aus einer Lösung von einem Theil Harnstoff in 100 Theilen Wasser durch Zusatz selbst eines gleichen Volumens Salpetersäure von 1,322 spec. Gew. durchaus nicht Krystalle von salpetersaurem Harnstoff erhalten werden können, so schien mir die Genauigkeit der Methode der Bestimmung des Harnstoffs mit Salpetersäure sehr zweifelhaft. Ich machte daher folgende Versuche:

Eine gewogene Menge bei 100° C. getrockneten Harnstoffs wurde in möglichst wenig Wasser aufgelöst, und mit etwa dem zweifachen, Volumen Salpetersäure von 1,30 spec. Gew., die frei von salpetriger Säure war, versetzt und mehrere Stunden in Eis gestellt. Der so erhaltene salpetersaure Harnstoff wurde auf einem gewogenen Filtrum filtrirt, und das in der Schale Zurückbleibende mit der vom Filtrum abtropfenden Flüssigkeit vollständig auf dasselbe hinaufgespült. Dann wurde das Filtrum vorsichtig ausgeprefst, der salpetersaure Harnstoff getrocknet und gewogen.

So erhielt ich aus 0,4387 Grm. Harnstoff 0,8075 Grm. salpetersaures Salz. Dieses enthält 0,3945 Grm. Harnstoff. Es sind also 0,0442 Grm. oder 10,08 Proc. der angewendeten Menge Harnstoff verloren gegangen.

0,5074 Grm. Harnstoff gaben eben so 0,9492 Grm. salpetersauren Harnstoff. Diefs entspricht 0,4638 Grm. oder 91,40 Proc. des angewendeten Harnstoffs. Es waren also 8,60 Proc. desselben verloren gegangen.

Bei einem dritten Versuche prefste ich das Filtrum nicht aus, sondern trocknete es mit aller Flüssigkeit, welche in dasselbe eingezogen war. So erhielt ich aus 0,3665

1) Journal für practische Chemie, Bd. 25, S. 10.

Grm. Harnstoff 0,7132 Grm. salpetersaures Salz. Diefs enthält 0,3485 Grm. Harnstoff oder 95,09 Proc. des angewendeten Harnstoffs. Es mufsten also 4,91 Proc. in der abfiltrirten Flüssigkeit enthalten seyn. Diese hinterliefs beim Abdampfen und Trocknen 0,042 Grm. Rückstand, welcher nach der Rechnung 0,0205 Grm. oder 5,60 Proc. Harnstoff enthalten mufste.

Diese Versuche zeigen, wie wenig man hoffen darf, nach dieser Methode zu richtigen Resultaten zu gelangen. Der Fehler, welcher dadurch entsteht, dafs der salpetersaure Harnstoff, selbst in überschüssiger starker Salpetersäure, nicht unlöslich ist, wird freilich durch einen zweiten in Etwas compensirt, da man den Extractivstoff des Harns nicht vollständig von dem salpetersauren Harnstoff abscheiden kann; allein diese Compensation wird nie vollständig seyn können, und man bleibt stets ungewifs über die wahre Menge des Harnstoffs in dem untersuchten Harn. Da etwa 10 Proc. des in demselben enthaltenen Harnstoffs verloren gehen können, und ungefähr 30 p.M. desselben im concentrirten Harn enthalten seyn mag, so wird der Fehler, der dadurch entsteht, bis auf 3 p. M. und darüber steigen können; ein Fehler, der viel zu grofs ist, als dafs er diese analytische Methode empfehlenswerth erscheinen liefse.

Allein aufser dem angeführten Grunde und dem längst bekannten, dafs der Harnstoff, wenn seine verdünnten Lösungen abgedampft werden, sich zum Theil zersetzt, giebt es noch einen anderen, welcher gegen die Genauigkeit der quantitativen Bestimmung des Harnstoffs nach der von Lecanu, Simon und Lehmann angewendeten Methode spricht. Es ist nämlich neuerdings durch Werther [1]) bekannt geworden, dafs die Verbindung von Kochsalz mit Harnstoff, welche ohne Zweifel im Harn enthalten ist, wenn man sie in concentrirter Lösung mit absolutem Alkohol versetzt, nicht zersetzt wird,

1) Journal für practische Chemie, Bd. 35, S. 62.

sondern dafs sich das Kochsalz mit dem Harnstoff auflöst, und dafs es nur dann fast ungelöst zurückbleibt, wenn man die trockne Verbindung mit absolutem Alkohol behandelt. Da man nun befürchten mufs, dafs, wenn man alles Wasser beim Abdampfen des Harns entfernen wollte, in der trocknen festen Masse, welche man dabei erhält, noch Harnstoff, durch absoluten Alkohol unausgezogen, zurückbleiben möchte, so mufs man das Harnextract noch feucht mit demselben behandeln. Dann aber wird auch das Kochsalz mit in die Auflösung eingehen, und wird von dem salpetersauren Harnstoff nicht vollständig getrennt werden können. Eben so ist es, eben weil der salpetersaure Harnstoff in Salpetersäure nicht unlöslich ist, nicht möglich, ihn von den Extractivstoffen vollständig abzuscheiden.

Es ist daher augenscheinlich, dafs eine bessere Methode der Bestimmung des Harnstoffs sehr wünschenswerth, ja nothwendig ist. Ich bemühte mich daher eine solche aufzufinden.

Unter den Verbindungen des Harnstoffs mit Säuren und Basen, welche man bis jetzt kennt, ist keine, deren Eigenschaften zu der Hoffnung berechtigte, durch Darstellung derselben den Harnstoff vollständig niederschlagen zu können. Es blieb mir daher nichts übrig, als zu versuchen, ihn aus den Zersetzungsproducten, welche mittelst starker Agentien aus ihm erhalten werden, zu bestimmen.

Es war nicht zu hoffen, dafs es möglich seyn würde den Harnstoff mittelst kaustischer Alkalien vollständig in Kohlensäure und Ammoniak zu zersetzen, ohne zugleich aus den Extractivstoffen Ammoniak zu bilden. Ich suchte daher die zersetzende Einwirkung starker Säuren auf den Harnstoff zu dem Zweck zu benutzen.

Berzelius sagt in seinem Lehrbuche [1]: »Concentrirte Säuren mit Harnstoff vermischt bewirken sogleich

1) 3. Auflage, Bd. 9, S. 439.

seine Zersetzung; die Säure verbindet sich mit Ammoniak und Kohlensäure geht unter Aufbrausen fort.« Hiernach hatte ich die Hoffnung beim Abdampfen des Harns mit irgend einer concentrirten Säure den Harnstoff in Kohlensäure und ein Ammoniaksalz der angewendeten Säure verwandelt zu sehen. Ich machte, um mich davon zu überzeugen, folgende Versuche.

Chemisch reiner Harnstoff wurde mit concentrirter Schwefelsäure und rauchender Salzsäure versetzt. Es zersetzte sich derselbe in der Kälte durchaus nicht. Ja er konnte mit der rauchenden Salzsäure bis zum Kochen erhitzt werden, ohne sich unter Aufbrausen zu zersetzen. In der Auflösung fand sich zwar nach anhaltendem Kochen ziemlich viel Ammoniak; doch war immer noch zu viel unzersetzter Harnstoff in derselben enthalten, als dafs ich dahin zu gelangen hoffen durfte, dadurch die ganze Quantität Harnstoff endlich in Ammoniak und Kohlensäure zu zersetzen.

Die Einwirkung von kochender Salpetersäure auf Harnstoff habe ich nicht weiter untersucht, da sich, wenn sie mit Harn eingedampft wird, ohne Zweifel etwas salpetrichte Säure bilden kann, welche auf den Harnstoff heftig einwirkt, ohne ihn doch in Kohlensäure und Ammoniak zu zerlegen. Es bildet sich vielmehr durch ihre Einwirkung auf denselben Stickstoff und Kohlensäure, wie schon Vauquelin [1]) angiebt.

Daher suchte ich nun die Einwirkung der Schwefelsäure auf den Harnstoff näher zu studiren. Schon Dumas [2]) hat nachgewiesen, dafs derselbe durch Erhitzen mit concentrirter Schwefelsäure in Kohlensäure und Ammoniak zerlegt wird. Durch einen Versuch mit künstlich dargestelltem Harnstoff überzeugte ich mich von der Wahrheit dieser Angabe. Auch gelang es mir auf keine

1) *Annales de chimie*, *T. XXXII*, *p.* 110.

2) *Annales de chimie et de physique*, *T. XLIV*, *p.* 274.

keine Weise, Kohlenoxydgas in dem so erzeugten Gase nachzuweisen. Im Rückstande konnte das Ammoniak beim Zusatz von Kali leicht durch den Geruch erkannt werden, und das entweichende Gas wurde in Menge von kaustischem Kali absorbirt. Es kam daher nur darauf an, nachzuweisen, dafs der Harnstoff durch Schwefelsäure wirklich so zerlegt wird, dafs aus der Menge des Ammoniaks oder der Kohlensäure die des Harnstoffs berechnet werden könnte.

Zu dem Ende construirte ich folgenden Apparat: Ein mit atmosphärischer Luft gefülltes Gasometer wurde mit einem hohen Cylinder, welcher mit sehr concentrirter Kalilösung gefüllt war, so verbunden, dafs das aus demselben ausströmende Gas durch diese Auflösung streichen mufste. Aus diesem Cylinder führte ein Rohr die Luft durch den Tubulus einer kleinen, etwa 6 Loth Wasser fassenden Retorte, welche zur Aufnahme der Mischung von Harnstoff mit Schwefelsäure bestimmt war, so ein, dafs sie erst dicht über der Oberfläche dieser Mischung aus dem Rohre trat. Mit der Retorte war eine kleine tubulirte Vorlage, in welcher das Ueberdestillirte (Wasser und etwas Schwefelsäure) sich ansammeln sollte, in der Weise luftdicht verbunden, dafs das Ende des Retortenhalses nur sehr wenig in dieselbe hineinragte. In dem Tubulus war ein gebogenes Rohr angebracht, welches die durch den Apparat strömenden Gase in ein Glasrohr von böhmischem Glase leitete, welches zur Hälfte mit geglühtem Kupferoxyd, zur anderen Hälfte aber mit geglühtem Chlorcalcium gefüllt war. Beide Stoffe waren durch einen langen Asbestpfropf von einander getrennt. Dieses Rohr lag in einem Liebig'schen Ofen, doch natürlich so, dafs das Chlorcalcium, sobald gefeuert wurde, nicht heifs werden konnte. Das Kupferoxyd diente zur Aufnahme der etwa noch fortgehenden Schwefelsäure und der sich vielleicht bildenden schweflichten Säure. Ich habe mich nämlich durch Versuche

überzeugt, dafs diese Säure, wenn sie, mit einem Ueberschufs von atmosphärischer Luft gemengt, langsam über schwach glühendes Kupferoxyd streicht, Sauerstoff aufnimmt und Schwefelsäure bildet, die sich mit dem Kupferoxyd verbindet.

Die Versuche geschahen auf folgende Weise: In einem Platiutiegel wurde der zu denselben bestimmte künstlich dargestellte, vollkommen reine Harnstoff bei 100° C. so lange getrocknet, bis er nicht mehr an Gewicht abnahm. Dann wurde er mit Vorsicht aus dem Tiegel in die Retorte geschüttet, und dieser mit dem darin noch rückständigen Harnstoff wieder gewogen. Darauf brachte ich zu dem somit dem Gewichte nach bekannten Harnstoff etwas Wasser, um ihn darin aufzulösen, und zu dieser Auflösung concentrirte Schwefelsäure, und zwar etwa 6 bis 8 Grammen.

Nachdem nun der Apparat in der oben angegebenen Weise zusammengestellt war, überzeugte ich mich zuerst davon, dafs er vollkommen luftdicht war. Dann wurde ein gewogener, mit concentrirter Lösung von kaustischem Kali gefüllter Liebig'scher Kaliapparat und ein gleichfalls gewogenes, mit geschmolzenem Kalihydrat gefülltes Rohr an dem freien Ende des Kupferoxyd und Chlorcalcium enthaltenden Rohrs befestigt. Jetzt leitete ich mittelst des Gasometers einen langsamen Strom atmosphärischer Luft durch den Apparat, brachte das Kupferoxyd zum sehr schwachen Rothglühen, und erhitzte langsam die Mischung in der Retorte so gelinde, dafs sie kaum kochte, bis das Wasser abdestillirt war, und dafs dann die Temperatur des Inhalts nicht über 180° C. steigen konnte. Bei dieser Temperatur wurde die Retorte erhalten, bis sich nicht die geringste Spur mehr von Blasen aus der darin enthaltenen Flüssigkeit entwickelte und Dämpfe von Schwefelsäure sich in derselben zu bilden anfingen. Dann liefs ich den Apparat erkalten, setzte aber das Durchleiten von Gas noch mehr

als zwei Stunden lang fort, um mit Sicherheit alle Kohlensäure aus dem Apparate auszutreiben. Bei dem ersten Versuche war es schon früher abgebrochen worden, und ich erkläre mir daraus, dafs die durch denselben erhaltene Kohlensäuremenge zu gering ausgefallen ist.

Die Menge der Kohlensäure konnte nun unmittelbar durch die Gewichtszunahme des Kaliapparats und Kalirohrs bestimmt werden. Der Rückstand in der Retorte aber wurde in eine Schale ausgegossen, mit Wasser der Rest herausgespült und die Flüssigkeit vorsichtig wieder eingedampft. Dann setzte ich zu der stark concentrirten, wieder erkalteten Flüssigkeit etwas Salzsäure, darauf die gehörige Menge Platinchlorid, und endlich eine Mischung von Alkohol und Aether. Da aber die Flüssigkeit der Hauptmasse noch aus concentrirter Schwefelsäure bestand, so brauchte ich die Vorsicht, die Flüssigkeiten in der angegebenen Reihenfolge vorsichtig übereinander zu giefsen, und sie dann erst schnell durcheinander zu mischen. Dadurch wurde eine allzugrofse Erwärmung leicht vermieden. Wenn es mir begegnete, dafs ich nicht hinreichend Platinchlorid zugesetzt hatte, was sehr leicht an dem entstandenen Niederschlag erkannt werden konnte, der schnell und schwer zu Boden sinkt, wenn hinreichend Platinchlorid hinzugesetzt worden ist, dagegen locker aufgeschwemmt bleibt, wenn noch schwefelsaures Ammoniak zugegen ist, so setzte ich einfach noch Platinchlorid hinzu. Dadurch verwandelte sich auch das gefällte schwefelsaure Ammoniak sogleich in Ammoniumplatinchlorid. Nachdem der Niederschlag so etwa 8 bis 10 Stunden gestanden hatte, wurde er abfiltrirt, mit ätherhaltigem Alkohol ausgewaschen, getrocknet, mit den bekannten Vorsichtsmafsregeln geglüht und gewogen. Ein Atom Harnstoff mufste auf die angegebene Weise zwei Atome Platin und zwei Atome Kohlensäure geben.

Wie ich schon oben erwähnte, war bei dem ersten Versuche die Menge der aufgefangenen Kohlensäure zu

gering, weil nicht lange genug atmosphärische Luft durch den Apparat geleitet worden war. Bei der zweiten, dritten und vierten mifsglückte die Bestimmung des Platins.

I. Aus 0,386 Grm. Harnstoff erhielt ich so 0,274 Grm. Kohlensäure und 1,257 Grm. Platin. Ersteres würde 0,3756 Grm. oder 97,31 Proc., und dieses 0,3844 Grm. oder 99,59 Proc. Harnstoff entsprechen. Der Verlust beträgt also nach ersterer Bestimmung 2,69, nach letzterer 0,51 Proc.

II. Aus 0,312 Grm. Harnstoff erhielt ich 0,2273 Grm. Kohlensäure, was 0,3116 Grm. oder 99,87 Proc. Harnstoff entspricht. Es ist also 0,13 Proc. verloren gegangen.

III. 0,449 Grm. Harnstoff gaben 0,3263 Grm. Kohlensäure. Daraus berechnet man 0,4472 Grm. oder 99,60 Proc. Harnstoff. Es sind also 0,40 Proc. Harnstoff verloren gegangen.

IV. 0,4557 Grm. Harnstoff gaben 0,3322 Grm. Kohlensäure, d. h. 0,4554 Grm. oder 99,93 Proc. Harnstoff. Verlust 0,07 Proc.

V. 0,4808 Grm. Harnstoff gaben 0,349 Grm. Kohlensäure und 1,579 Grm. Platin. Ersteres entspricht 0,4784 Grm. oder 99,50 Proc., letzteres 0,4828 Grm. oder 100,42 Proc. Harnstoff.

VI. Aus 0,4665 Grm. Harnstoff erhielt ich 0,339 Grm. Kohlensäure, entsprechend 0,4647 Grm. oder 99,61 Proc. Harnstoff und 0,1519 Grm. Platin, entsprechend 0,4645 Grm. oder 99,57 Proc. Harnstoff.

VII. 0,2382 Grm. Harnstoff gaben, auf die angegebene Weise behandelt, 0,1743 Grm. Kohlensäure und 0,777 Grm. Platin. Jenes entspricht 0,239 Grm. oder 100,34 Proc., dieses 0,2376 Grm. oder 99,75 Proc. Harnstoff.

Man ersieht aus diesen Versuchen, dafs in der That die Quantität des Harnstoffs durch die Menge der durch Einwirkung heifser Schwefelsäure erzeugten Kohlensäure oder des Ammoniaks der Quantität nach bestimmt wer-

den kann. Aus dem Gewichte der Kohlensäure die Quantität des Harnstoffs im Harn zu bestimmen, ist wegen des dazu nöthigen complicirten Apparats nicht bequem. Auch wäre diese Methode gewifs weniger genau, da wegen des niedrigen Atomgewichts der Kohlensäure, gegen das des Platins gehalten, schon ein kleiner Fehler im Versuche einen bedeutenden Fehler des Resultats verursachen könnte. Es liegt mir daher nur ob, die Anwendbarkeit der Methode, den Harnstoff im Harn aus dem durch Schwefelsäure gebildeten Ammoniak mittelst Platinchlorid zu bestimmen, nachzuweisen.

Zunächst handelt es sich jetzt darum, zu zeigen, ob nicht die Anwesenheit des Kalis in jedem Harn die Anwendung dieser Methode unmöglich machte. Zugleich schien es mir nothwendig, mich zu überzeugen, dafs in der That, wie Liebig in seinem Aufsatz: »Ueber die Constitution des Harns des Menschen und der fleischfressenden Thiere«[1]), nach einem Versuche von Schlofsberger behauptet, kein Ammoniak, oder doch nur unwesentliche Spuren davon, im frisch gelassenen Harn enthalten seyen. Zu diesem letzten Zweck versetzte ich ganz frisch gelassenen Harn mit Platinchlorid, etwa dem dreifachen absoluten Alkohols und dem einfachen Volumen Aether. Der dadurch gebildete Niederschlag wurde abfiltrirt und mit ätherhaltigem Alkohol gut ausgewaschen. Er konnte noch phosphorsaure und schwefelsaure Salze neben Kaliumplatinchlorid und vielleicht neben Ammoniumplatinchlorid enthalten. Nachdem dieser Niederschlag getrocknet worden war, wurde er in das Filtrum eingehüllt, in einem gewogenen, gut zugedeckten Platintiegel geglüht, bis aus dem rothglühenden Tiegel keine Dämpfe mehr entwichen. Nach dem Erkalten des Tiegels wurde sein Inhalt mit kochender verdünnter Salzsäure mehrmals ausgezogen und die Flüssigkeiten in einer Porcellanschale abfiltrirt, dann der Tiegel mit Wasser so lange ausge-

1) Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 50, S. 195.

waschen, bis die vom Filtrum abfliefsende Flüssigkeit nicht mehr sauer reagirte. Der Tiegel, wie das Filtrum, wurden nun getrocknet, dieses in jenem vollständig verbrannt und gewogen. Auf diese Weise erhielt ich, nach Abzug der Asche des Filtrums, eine Menge Platin, die dem Kali und Ammoniak im Harn entsprechen würde, wenn dieses vorhanden wäre. Aus dem Filtrat erhielt ich nach dem Abdampfen mittelst Platinchlorid und Alkohol einen Niederschlag von Kaliumplatinchlorid, der noch phosphorsaure und schwefelsaure Salze enthalten konnte. Ammoniumplatinchlorid war natürlich nicht mehr in dem Niederschlage vorhanden. Wurde das Filtrum mit diesem Niederschlag eben so behandelt, wie oben, so konnte die Quantität Platin, welche der Menge des Kalis im Harn entspricht, bestimmt werden. War kein Ammoniak vorhanden, so mufste das Gewicht beider erhaltenen Mengen Platin gleich seyn. Da diefs aber nicht der Fall war, wie die folgenden Versuche zeigen, so ist die Gewichtsdifferenz nicht anders als durch die Anwesenheit des Ammoniaks zu erklären.

Etwa 80 Grm. Harn gaben nämlich 0,509 Grm. und 0,1913 Grm. Platin, jenes dem Kalium- und Ammoniumplatinchlorid, dieses nur dem Ammoniumplatinchlorid entsprechend.

Aus etwa 50 Grm. Harn erhielt ich 0,538 Grm. und 0,309 Grm. Platin, wovon jenes dem Kali und Ammoniak, dieses dem Kali allein entspricht. Die Differenz von 0,229 Grm. giebt das Gewicht des Platins, welches dem Ammoniak allein entspricht. Um mich mit Bestimmtheit zu überzeugen, dafs diese Differenzen der beiden Quantitäten Platin wirklich in der Gegenwart von Ammoniak ihren Grund haben, fällte ich noch mehrmals von verschiedenen gesunden Personen frisch gelassenen Harn auf die angegebene Weise mit Platinchlorid, absolutem Alkohol und Aether, und behandelte den gut ausgewaschenen, mit Wasser angeschüttelten Niederschlag

in der Wärme anhaltend mit Schwefelwasserstoffgas. Die vom Schwefelplatin abfiltrirte Flüssigkeit wurde eingedampft, und der trockne Rückstand in einem trocknen Reagirgläschen erhitzt. Es sublimirte stets eine nicht unbedeutende Menge Salmiak, der leicht als solcher erkannt werden konnte. Der nicht flüchtige Rückstand wurde nur grau, nicht schwarz gefärbt, ein Beweis, dafs die bedeutende Menge des im Sublimat enthaltenen Ammoniaks nicht erst bei der Sublimation selbst aus organischen Stoffen gebildet seyn konnte. Ob dieses Ammoniak der schon in der Blase eingeleiteten Zersetzung des Harnstoffs seinen Ursprung verdankt, oder auf welche Weise es sonst in den Harn gelangt ist, lasse ich unentschieden.

Da nun nach diesen Versuchen sowohl Kali als Ammoniak im Harn enthalten ist, so schien es, als wenn die Methode, den Harnstoff aus dem aus ihm gebildeten Ammoniak mittelst Platinchlorid zu bestimmen, auch nicht die gewünschte Genauigkeit haben würde. Allein ich hoffte, dafs sich die Menge des Kalis und des Ammoniaks im Harn würde genau bestimmen lassen, und dafs also mittelst dieser Correction, durch welche zugleich noch zwei andere Stoffe ihrer Quantität nach bestimmt würden, dennoch eine vollkommene Genauigkeit in jene Methode gebracht werden könne.

Um mich davon zu überzeugen, fällte ich drei verschiedene, gewogene Mengen desselben frisch gelassenen Harns, und bestimmte die darin enthaltenen Mengen Ammoniak und Kali auf die oben angegebene Weise. Was das Abwägen von verschiedenen Portionen desselben Harns anbetrifft, so will ich hier erwähnen, wie ich dabei operirte, um die durch Verdunstung der Flüssigkeit leicht eintretenden Fehler möglichst zu vermeiden. Ich wählte dazu ein kleines, mit einer Zange leicht zu handhabendes Becherglas, welches mit dem Harn gefüllt und mit einem runden Deckglas bedeckt wurde. Es ent-

hielt die ganze Menge des zu den verschiedenen Versuchen bestimmten Harns. An einer Stelle war der Rand des Gläschens mit Talg bestrichen, und hier wurde, nachdem es auf der Waage sich in's Gleichgewicht der Temperatur mit dem umgebenden Medium gesetzt hatte und gewogen worden war, ein Theil der Flüssigkeit mittelst der Zange in das dazu bestimmte Gefäfs gegossen. Dann wurde das Gläschen schnell wieder auf die Waage gebracht, zugedeckt und gewogen. Nun gofs ich eine neue Portion auf dieselbe Weise aus, wog wieder und so fort, bis ich die gehörige Anzahl gewogener Portionen Harn hatte. Auf diese Weise verfuhr ich bei allen folgenden Versuchen.

Von demselben frisch gelassenen Harn gaben:

I. 17,6742 Grm. 0,1945 Grm., also 11,00 p. M. Platin, welches als Kalium- und Ammoniumplatinchlorid aus demselben niedergefallen war. Die Bestimmung des Platins, welches dem Kaliumplatinchlorid allein entsprach, mifsglückte durch einen Zufall.

II. 14,0766 Grm. gaben 0,1535 Grm., also 10,90 p. M. Platin, welches dem Kali und Ammoniak im Harn entspricht, und 0,0387 Grm. oder 2,75 p. M. Platin, das dem Kali entspricht. Hieraus folgt, dafs der Harn 1,315 p. M. Kali und 2,16 p. M. Ammoniak enthielt.

III. 14,430 Grm. gaben 0,1595 Grm. oder 11,05 p. M. und 0,040 Grm. oder 2,77 p. M. Platin, wovon ersteres dem Kalium- und Ammoniumplatinchlorid, letzteres nur dem Kaliumplatinchlorid seinen Ursprung verdankt. Danach enthielt der Harn 1,325 p. M. Kali und 2,19 p. M. Ammoniak.

Die Uebereinstimmung der Resultate läfst nichts zu wünschen übrig. Sie ist gröfser, als ich es selbst gehofft hatte. Ich stelle die Resultate zur besseren Uebersicht neben einander.

Es wurden erhalten:

	I.	II.	III.	
Aus der Summe des Kalium- und Ammoniumplatinchlorids	11,00 p. M.	10,90 p. M.	11,05 p. M.	Platin.
Aus dem Kaliumplatinchlorid	- -	2,75 p. M.	2,77 p. M.	Platin.
Im Ammoniumplatinchlorid waren also	- -	8,15 p. M.	8,28 p. M.	Platin.

Es waren demnach in dem Harn enthalten:

	II.	III.
Kali	1,315 p. M.	1,325 p. M.
Ammoniak	2,16 p. M.	2,19 p. M.

Nachdem ich somit die Frage, ob die Gegenwart des Ammoniaks und Kalis im Harn der Bestimmung des Harnstoffs aus dem daraus gebildeten Ammoniak so hindernd entgegentreten müsse, dafs sie dadurch unbrauchbar würde, verneinend beantwortet hatte, handelte es sich jetzt darum, ob die übrigen Stoffe, welche im Harn vorhanden sind, nicht gleichfalls, mit concentrirter Schwefelsäure behandelt, Ammoniak erzeugen.

Zuerst untersuchte ich, wie sich Harnsäure zu concentrirter Schwefelsäure verhält. Bekanntlich bildet sie mit derselben, nach Fritsche [1]), eine Verbindung, welche, wie dieser schon gefunden hat, ungefähr bei 150° C. zersetzt wird. Welcher Art diese Zersetzung sey, giebt er aber nicht an. Als ich vollkommen reine Harnsäure [2]) und Schwefelsäure mit einander bis 180° C. er-

1) Journal für practische Chemie, Bd. 14, S. 243. (1838.)

2) Die Säure war analysirt worden, um ihre Reinheit bestimmt nachzuweisen. Die Resultate der Analysen sind:

	I.	II.	Berechnet.
Kohlenstoff	35,72	35,57	35,61
Wasserstoff	2,46	2,47	2,37
Stickstoff	—	—	33,57
Sauerstoff	—	—	28,45
			100.

hitzte, entstand ein starkes Aufbrausen, und schweflichte Säure war durch den Geruch leicht wahrzunehmen. Im Rückstande fand ich Ammoniak in nicht unbedeutender Menge. Als ich die hiebei entweichenden Gase über Quecksilber auffing, konnte ich darin neben schweflichter Säure leicht Kohlensäure und Kohlenoxydgas nachweisen.

Hiernach erschien mir anfänglich die Anwendbarkeit der Methode, aus der Quantität des aus dem Harnstoff mittelst Schwefelsäure erzeugten Ammoniaks die Menge desselben zu bestimmen, sehr zweifelhaft. Allein da einestheils die Menge der im Harn enthaltenen Harnsäure nur sehr gering ist, indem sie in der Regel nicht 1 p. M. desselben übersteigt, andererseits aber der gröfste Theil oder fast die ganze Menge derselben mittelst Salzsäure abgeschieden werden kann, so gab ich es dennoch noch nicht auf, diese Versuche weiter fortzusetzen.

Zunächst kam es darauf an, zu bestimmen, wie viel Ammoniak aus reiner Harnsäure gebildet werden könne, wenn man sie mit Schwefelsäure bei 180° C. so lange erhitzt, bis keine Gasentwicklung mehr stattfindet. Um die Quantität des Ammoniaks zu bestimmen, wurde die dadurch erhaltene ammoniakhaltige Schwefelsäure mit Wasser verdünnt, filtrirt und das Filtrum gut ausgewaschen. Darauf dampfte ich die Flüssigkeit ein, bis kein Wasser mehr entwich, setzte etwas Salzsäure, Platinchlorid in gehöriger Menge und ätherhaltigen Alkohol hinzu, und mischte die Flüssigkeiten. Aus dem Niederschlage wurde auf die bekannte Weise durch Glühen und Verbrennen des Filtrums das Platin rein erhalten und gewogen. Aus dem Gewichte desselben wurde die Menge des Ammoniaks berechnet.

So erhielt ich aus 0,2433 Grm. Harnsäure 0,5177 Grm. Platin. Diefs entspricht 0,1372 Grm. Ammoniak, oder 0,0743 Grm., d. h. 30,54 Proc. Stickstoff. Da die Harnsäure 33,57 Procent Stickstoff enthält, so war der

gröfste Theil, aber nicht die ganze Menge des Stickstoffs derselben in Ammoniak verwandelt worden.

Da nun im Harne durchschnittlich 1 p. M. Harnsäure enthalten ist, so würde man unter der Voraussetzung, dafs die ganze Menge des in derselben enthaltenen Stickstoffs durch Einwirkung der Schwefelsäure in Ammoniak verwandelt wird, 0,62 p. M. Ammoniak zu viel erhalten, d. h. 0,71 p. M. Harnstoff zu viel, wenn man nicht die Harnsäure vorher abschiede. Für genaue Analysen wäre es daher erforderlich, sie auf die bekannte Weise mittelst Salzsäure abzuscheiden, ehe man den Harn mit Schwefelsäure abdampfte. Die Anwesenheit jener Säure ist natürlich ohne Einflufs auf das Resultat, da auch sie den Harnstoff in Ammoniak und Kohlensäure zerlegt, obgleich weit weniger energisch, als concentrirte Schwefelsäure.

Es fragte sich nun, wie sich die Extractivstoffe des Harns gegen Schwefelsäure verhalten. Bekanntlich können wir sie nicht alle von dem Harnstoff mit vollkommener Genauigkeit scheiden. Doch durfte ich es nicht unterlassen, wenigstens zu untersuchen, ob diejenigen Extractivstoffe desselben, welche sich vollkommen von ihm scheiden lassen, dadurch kein Ammoniak bilden.

Zu dem Zweck extrahirte ich den bei der Verdampfung von 8 bis 10 Unzen frischen Harns bleibenden Rückstand mit absolutem Alkohol, und wusch das nicht Gelöste damit aus. Dieses wurde in wenigem Wasser aufgelöst, und die darin ungelöst bleibenden harnsauren und phosphorsauren Salze der alkalischen Erden abfiltrirt, endlich die Flüssigkeit im Wasserbade zur Trockne gebracht. Die Auflösung in absolutem Alkohol versetzte ich mit basisch essigsaurem Bleioxyd so lange, als dadurch noch ein Niederschlag entstand, filtrirte und wusch ihn mit Alkohol aus. Diese Bleioxydverbindung wurde noch feucht mit Wasser angerührt, mit Schwefelwasserstoffgas zersetzt, das entstandene Schwefelblei abfiltrirt

und die Flüssigkeit im Wasserbade zur Trockne gebracht. Beim Abdampfen entwickelten sich zuletzt Dämpfe von Salzsäure, die ohne Zweifel dem in der alkoholischen Flüssigkeit mitgefällten Chlorblei ihren Ursprung verdanken, und die Masse färbte sich schwarz. Diese beiden so erhaltenen extractartigen Massen wurden in wenig Wasser gelöst, die Lösungen mit einander gemischt und von Neuem im Wasserbade abgedampft. Ich hoffte so, diese Extractivstoffe zwar mit den löslichen Salzen des Harns gemischt, aber doch frei von Harnstoff erhalten zu haben.

Nachdem diese Masse unter stetem Umrühren so weit abgedampft worden war, dafs sie nach dem Erkalten zwischen den Fingern geknetet werden konnte, ohne bedeutend an denselben anzukleben, wurden zwei Portionen davon abgewogen, wovon ich die eine sogleich in wenig Wasser und Salzsäure auflöste. Dann wurde Platinchlorid und ätherhaltiger Alkohol hinzugesetzt, der Niederschlag nach sechs Stunden abfiltrirt, getrocknet, geglüht und mit salzsäurehaltigem Wasser die darin löslichen Stoffe ausgezogen. Das so erhaltene Platin wurde geglüht und gewogen. Die andere Portion des Extracts wurde gleichfalls in wenig Wasser in einem grofsen Platintiegel gelöst, mit concentrirter Schwefelsäure versetzt, und damit bis zu 180° C. so lange erhitzt, bis keine Gasentwicklung mehr stattfand. Dann wurde der Rückstand mit Wasser verdünnt, filtrirt, das Filtrum ausgewaschen, die abfiltrirte Flüssigkeit abgedampft, mit etwas Salzsäure, Platinchlorid und ätherhaltigem Alkohol versetzt, und der erhaltene Niederschlag wie in dem ersten Versuche behandelt. Die Mengen des in beiden Versuchen erhaltenen Platins, auf 100 Theile berechnet, mufsten gleich seyn, wenn durch Einwirkung der Schwefelsäure kein Ammoniak gebildet war.

Ich erhielt aus 0,5195 Grm. des mit Schwefelsäure behandelten Extracts 0,1215 Grm. Platin, und aus 0,719

Grm. desselben, welche nicht mit Schwefelsäure behandelt waren, 0,125 Grm. Platin. Ersteres beträgt in Procenten des angewendeten Extracts 23,39, letzteres 17,39. Es war also wirklich, und zwar 6 Proc. mehr Platin aus dem mit Schwefelsäure behandelten Extract erhalten worden. Allein die zu dem Versuche mit Schwefelsäure angewendete Menge des Extracts betrug mehr als $\frac{1}{5}$ des aus 8 bis 10 Unzen erhaltenen Quantums, es würde also, wenn ich die am wenigsten günstigen Zahlen auswähle, etwa 10 Grm. Harn 0,006 Grm. Platin zu viel gegeben haben, das heifst 0,6 p.M. Diefs entspricht aber 0,18 p. M. Harnstoff, also einer so unbedeutenden Menge, dafs sie auf das Resultat keinen wesentlichen Einflufs hat. Allein ich vermuthete, dafs noch etwas Harnstoff in dem Extracte enthalten seyn möchte, und dafs dieser Ueberschufs an Platin davon abzuleiten sey.

Um diefs zu untersuchen fällte ich die concentrirte wäfsrige Lösung der noch übrigen Menge des Extracts mit absolutem Alkohol, und schlug das Filtrat mit basisch essigsaurem Bleioxyd nieder. Aus der abfiltrirten Flüssigkeit wurde das überschüssig zugesetzte Bleioxyd gefällt, das Filtrat eingedampft und mit Salpetersäure versetzt. Es bildeten sich in der That nach einiger Zeit unter dem Mikroskop leicht erkennbare Krystallchen von salpetetersaurem Harnstoff. Aufserdem mufsten auch Spuren von Harnsäure in diesem Extracte seyn, da sie in Wasser nicht ganz unlöslich ist, und auch diese mufs zu diesem Platinüberschufs beigetragen haben.

Da ich glaubte, dafs der Grund, weshalb der Harnstoff nicht vollständig entfernt worden sey, darin liegen möchte, dafs die durch absoluten Alkohol extractartig ausgeschiedenen Stoffe den Harnstoff eingeschlossen haben möchten, so dafs sie durch absoluten Alkohol nicht ausgewaschen werden konnten, so zog ich bei einem zweiten Versuche diese extractiven Stoffe mehrfach mit heifsem absoluten Alkohol aus, nachdem sie vorher je-

desmal mittelst etwas Wasser in den syrupartigen Zustand versetzt worden waren, verfuhr aber sonst eben so wie vorher.

Aus 0,5925 Grm. des mit Schwefelsäure behandelten Extracts erhielt ich 0,188 Grm. Platin, und aus 0,7945 Grm. desselben, die nicht mit Schwefelsäure behandelt waren, 0,206 Grm. Platin, oder in Procenten 31,7 und 25,9 Platin. Ich hatte also auch hier 5,8 Proc. Platin zu viel aus den mit Schwefelsäure behandelten Extractivstoffen erhalten. Diefs würde, freilich nur nach ungefährer Schätzung der Gewichte der angewendeten Menge Harn und des daraus erhaltenen Extracts, etwa 0,15 bis 0,17 p. M. Harnstoff zu viel ergeben, wenn die Extractivstoffe des Harns Veranlassung zu dieser Ammoniakbildung wären. Ich fand aber auch in diesen extractartigen Stoffen auf die oben angegebene Weise noch Spuren von Harnstoff; es ist also gewifs, dafs wenigstens noch ein Theil des Ueberschusses an Platin dem noch nicht ganz entfernten Harnstoff seinen Ursprung verdankt; im höchsten Grade wahrscheinlich ist es aber, dafs er allein dadurch und durch die Anwesenheit von Spuren Harnsäure zu erklären ist.

Ich wiederholte den Versuch jetzt noch einmal, doch so, dafs ich den in absolutem Alkohol unlöslichen Theil besonders untersuchte, und dafs ich den darin löslichen Theil aus seiner wäfsrigen Lösung, um das Chlorblei möglichst entfernen zu können, mit basisch essigsaurem Bleioxyd niederschlug, den ausgewaschenen Niederschlag mit Schwefelwasserstoff zersetzte und die Flüssigkeit zur Trockne abdampfte. Es blieb ein braunes Extract zurück, wovon ein Theil in Alkohol gelöst und mit Platinchlorid versetzt, auch nach langer Zeit keinen Niederschlag gab. Die noch übrige Menge desselben wurde mit etwas Wasser und concentrirter Schwefelsäure versetzt, und auf die Weise behandelt, wie oben. Die so erhaltene Flüssigkeit enthielt ebenfalls bei zwei Versu-

chen keine Spur von Ammoniak. Denn als sie mit Wasser verdünnt und filtrirt, das Filtrat wieder abgedampft, und mit Platinchlorid und ätherischem Alkohol versetzt wurde, schied sich auch nach langer Zeit kein Ammoniumplatinchlorid ab. Es ist also sicher, dafs diejenigen Extractivstoffe des Harns, welche in absolutem Alkohol auflöslich und durch essigsaures Bleioxyd aus wäfsriger Lösung fällbar sind, durch die Behandlung mit Schwefelsäure kein Ammoniak bilden.

Zur Darstellung der in absolutem Alkohol unlöslichen Extractivstoffe hatte ich bei dem ersten, jetzt zu erwähnenden Versuche 280 Grm. Harn angewendet. Die ganze Menge des daraus erhaltenen Extracts betrug 1,268 Grm. Davon wurden 0,397 Grm. mit Schwefelsäure, Platinchlorid und ätherhaltigem Alkohol wie oben behandelt. Ich erhielt daraus 0,167 Grm. oder 42,07 Proc. Platin. 0,398 Grm. des Extracts, die nicht mit Schwefelsäure behandelt, sondern unmittelbar in Wasser gelöst, und mit Platinchlorid und ätherhaltigem Alkohol gefällt worden waren, gaben 0,136 Grm. Platin oder 34,17 Proc. 100 Th. des Extracts gaben also, mit Schwefelsäure behandelt, 7,90 Th. Platin mehr, als wenn sie nicht mit dieser Säure behandelt worden wären. Diefs beträgt auf die ganze Menge des aus 280 Grm. erhaltenen Extracts, d. h. auf 1,268 Grm. berechnet, 100,17 Grm. Platin. 280000 Th. Harn gaben also 100,17 Th. Platin, welches, wenn das durch dasselbe nachgewiesene Ammoniak wirklich nicht aus noch nicht vollständig abgeschiedenem Harnstoff oder aus Spuren von Harnsäure, sondern aus den Extractivstoffen gebildet worden wäre, einen Ueberschufs von 30,63 Th. Harnstoff auf die angegebene Menge Harn oder von 0,11 p. M. ausmachen würde. Selbst diefs angenommen, würde also diese hiedurch veranlafste Differenz so gering seyn, dafs sie auf die Güte der Methode der Bestimmung des Harnstoffs nicht von Einflufs ist. Ich bin aber der Meinung, dafs auch hier noch die An-

wesenheit geringer Mengen von Harnstoff und Harnsäure die Ursache dieser Ammoniakbildung war, obgleich es mir in diesem Falle nicht gelang, sie nachzuweisen.

Als ich denselben Versuch noch einmal wiederholte, erhielt ich aus 240 Grm. Harn 1,701 Grm. eines Extractes, wovon 0,5657 Grm., mit Schwefelsäure behandelt, 0,146 Grm. oder 25,81 Proc. und 0,4993 Grm., die nicht mit Schwefelsäure behandelt waren, 0,0945 Grm. oder 18,93 Proc. Platin lieferten. 100 Th. des Extracts gaben also 6,88 Th. Platin mehr nach Einwirkung der Schwefelsäure, als vor derselben. 1,701 Th. des Extracts gaben also 117,03 Th. Platin, und diefs würde 35,79 Th. Harnstoff entsprechen. Dieses beträgt, auf den Harn berechnet, 0,15 p. M. Also auch hier wäre der Fehler so unbedeutend, dafs er auf das Resultat keinen wesentlichen Einflufs hätte, wenn ich diese Differenz auch als einen Fehler anerkennen müfste. Aber in der noch übrigen Menge des Extracts konnte ich noch eine, wenn auch höchst geringe Spur Harnstoff nachweisen. Es ist dieselbe also wenigstens nicht ganz, wahrscheinlich aber gar nicht auf Rechnung der Extractivstoffe zu schreiben.

Hiebei mufs ich noch darauf aufmerksam machen, dafs die hiedurch nachgewiesene Schwierigkeit, mit der man bei Abscheidung des Harnstoffs von den Extractivstoffen des Harns mittelst absoluten Alkohols zu kämpfen hat, einen neuen Grund für die Ungenauigkeit der früheren Methode der Bestimmung des Harnstoffs liefert.

Endlich habe ich noch einen Versuch gemacht mit denjenigen Extractivstoffen, welche aus frischem Harn unmittelbar durch basisch essigsaures Bleioxyd gefällt werden. Ich versetzte 300 Grm. Harn mit einem Ueberschufs desselben, filtrirte den Niederschlag ab und wusch ihn mit Wasser aus. Darauf rührte ich ihn mit Wasser an, und zersetzte ihn mit Schwefelwasserstoffgas. Die vom Schwefelblei abfiltrirte Flüssigkeit wurde im Wasserbade eingedampft. Von dem noch feuchten, 1,608 Grm. wie-

wiegenden Rückstande wurden 0,4125 Grm. und 0,551 Grm. abgewogen. Jene wurden in wenig salzsäurehaltigem Wasser gelöst, und mit Platinchlorid, Alkohol und Aether versetzt. Es fiel nur ein wenig phosphorsaure Kalkerde nieder. In dem geglühten Niederschlage konnte nicht eine Spur Platin entdeckt werden.

Die andere Portion des Extracts (0,551 Grm.) wurde, wie oben, mit Schwefelsäure, Platinchlorid etc. behandelt. Ich erhielt daraus 0,0085 Grm. Platin. Diefs beträgt auf 1000 Th. des Harns 0,083 Th. Platin, und diefs würde bei der Berechnung des Harnstoffs einen Fehler von 0,025 p. M. veranlassen. Es ist aber wohl keinem Zweifel unterworfen, dafs diese geringe Ammoniakbildung durch die Gegenwart einer Spur Harnsäure zu erklären ist. Denn durch basisch essigsaures Bleioxyd mufste auch harnsaures Bleioxyd sich bilden, welches, nach Bensch [1]), in Wasser, Alkohol und Aether ganz unlöslich ist. Wurde das Bleioxyd durch Schwefelwasserstoff abgeschieden, so mufste sich eine geringe Spur dadurch frei gewordene Harnsäure in dem Wasser auflösen, welche also auch im Extracte enthalten seyn mufste.

Die übrigen extractartigen Materien des Harns von Harnstoff rein zu erhalten, ist mir bis jetzt nicht gelungen. Ich konnte daher nur versuchen, es möglichst wahrscheinlich zu machen, dafs bei Einwirkung der Schwefelsäure auf den Harn bei einer Temperatur, die nur bis 180° C. steigt, der Harnstoff und die Harnsäure allein es sind, welche die Bildung von Ammoniak veranlassen können. Ich benutzte dazu die Thatsache, dafs der Harnstoff bei der angegebenen Zersetzung gleiche Atome Kohlensäure und Ammoniak liefert. Bildete ein anderer Stoff aus dem Harn bei dieser Einwirkung nur Kohlensäure oder nur Ammoniak, so konnte das Verhältnifs dieser beiden Stoffe nicht das angegebene bleiben. Bildete er

1) Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 54, S. 206.

aber beides, so würde es höchst unwahrscheinlich seyn, dafs sie gerade in demselben Verhältnifs daraus erzeugt werden sollten, wie aus dem Harnstoff, und nur wenn dieses der Fall wäre, würde das Verhältnifs der aus dem Harn mittelst Schwefelsäure erzeugten Menge Ammoniak und Kohlensäure dasselbe bleiben, wie wenn sie aus reinem Harnstoff entstanden wären. Erzeugt sich also durch Schwefelsäure aus dem Harn so viel Ammoniak und Kohlensäure, dafs ihr Gewicht im Verhältnifs ihrer Atomgewichte steht, so ist mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dafs nur der Harnstoff zur Bildung sowohl dieser Kohlensäure, als dieses Ammoniaks beigetragen hat.

Da aber aus dem Obigen hervorgeht, dafs auch die Harnsäure Kohlensäure und Ammoniak bei Einwirkung von Schwefelsäure bildet, so mufste entweder diese vor dem Versuche abgeschieden, oder nachgewiesen werden, dafs die Kohlensäure und das Ammoniak, welche dadurch aus ihr erzeugt werden, gleichfalls im Verhältnifs ihrer Atomgewichte stehen. Ersteres war nicht möglich, da der Harn zu dem Ende mit Salzsäure lange Zeit hätte stehen müssen, während dessen ohne Zweifel schon Harnstoff zersetzt werden, also Kohlensäure entweichen mufste. Um letzteres nachzuweisen, stellte ich mir einen Apparat zusammen, welcher im Wesentlichen eben so construirt war, wie der oben, als ich von der Einwirkung der Schwefelsäure auf reinen Harnstoff sprach, beschriebene. Nur mufste um deswillen eine Aenderung eintreten, weil bei Einwirkung der Schwefelsäure auf Harnsäure auch Kohlenoxydgas, welches, über glühendes Kupferoxyd geleitet, die Menge der Kohlensäure hätte vermehren müssen, gebildet wird, was bei dem Harnstoff, wie oben erwähnt, nicht der Fall ist. Deshalb schaltete ich an Stelle des mit Kupferoxyd und Chlorcalcium gefüllten Rohrs ein anderes ein, in welchem mit feuchtem Bleisuperoxyd überdeckte Glasscherben enthalten waren, mit welchem ich ein Chlorcalciumrohr verband. Jenes

war zur Aufnahme der Dämpfe von Schwefelsäure und der schweflichten Säure bestimmt.

Ich liefs nun in dem Apparate Schwefelsäure auf Harnsäure auf dieselbe Weise einwirken, auf welche ich, wie oben erwähnt, den Harnstoff durch sie zersetzte. Die Operation war ganz dieselbe wie bei den genannten Versuchen, mit der einzigen Abänderung, welche nothwendig durch die Vertauschung des mit Kupferoxyd gefüllten Rohrs mit einem anderen, das feuchtes Bleisuperoxyd enthielt, bedingt war.

Aus 0,3133 Grm. Harnsäure erhielt ich 0,2125 Grm. Kohlensäure und 0,677 Grm. Platin. Nimmt man an, dafs 1000 Th. Harn durchschnittlich einen Theil Harnsäure enthalten, so würde der Gewichtszuwachs der Kohlensäure und des Platins, welcher wegen der Anwesenheit der Harnsäure zu den aus dem Harnstoff erhaltenen Quantitäten derselben hinzukommen mufs, 0,68 und 2,16 p. M. betragen. Diese Zahlen stehen nicht ganz genau im Verhältnisse der Atomgewichte der Kohlensäure und des Platins, sie weichen aber nur wenig von diesem Verhältnifs ab, und berechnet man die diesen Mengen entsprechenden Quantitäten Harnstoff, so würde die Differenz derselben den Fehler angeben, welcher höchstens bei den beabsichtigten Versuchen durch die Anwesenheit der Harnsäure veranlafst werden würde. Diese Quantitäten Harnstoff betragen aber 0,93 und 0,66 p. M. des angewendeten Harns. Der Fehler würde also 0,27 p. M. betragen, und zwar würde so viel Harnstoff *zu viel* aus der Menge der Kohlensäure berechnet werden müssen. Wenn man aber an Harnsäure sehr armen Harn zu den Versuchen wählte, so würde dieser Fehler noch bedeutend verringert werden. Ich hielt daher dafür, dafs bei Anwendung solchen Harns die Versuche ein durchaus genügendes Resultat liefern müfsten, auch wenn die Harnsäure nicht vorher abgeschieden würde.

Noch habe ich darauf aufmerksam zu machen, dafs

die obiger Menge Platin entsprechende Quantität Stickstoff, nämlich 31,02 Proc. sehr nahe mit der übereinstimmt, welche ich nach dem weiter oben angeführten Versuche erhalten hatte. Dort betrug sie 30,54 Proc.

Aufserdem aber, dafs nachgewiesen werden mufste, dafs die aus dem Harn mittelst Schwefelsäure erzeugte Mengen Ammoniak und Kohlensäure im Verhältnifs ihrer Atomgewichte stehen, war es nothwendig zu zeigen, dafs derselbe Harn stets dieselbe Menge Kohlensäure und Ammoniak auf die angegebene Weise lieferte. Diefs geschah auf die Weise, dafs aufser dem Harn, welcher in dem sogleich zu erwähnenden Apparate mit Schwefelsäure erhitzt wurde, noch eine zweite Quantität desselben auf dieselbe Weise in einem Tiegel zersetzt wurde, während die Kohlensäure verloren ging.

Der Apparat, welcher zu den jetzt zu erwähnenden Versuchen diente, war derselbe, welcher bei Zersetzung der Harnsäure durch Schwefelsäure benutzt worden war; nur mufste wegen des Gehalts des Harns an Chlormetallen, aus denen nothwendigerweise Salzsäure bei Einwirkung heifser Schwefelsäure entwickelt werden mufste, vor dem Rohr mit Bleisuperoxyd ein anderes Rohr eingeschaltet werden, welches mit von einer Auflösung von schwefelsaurem Silberoxyd benetzten Glasscherben gefüllt war.

Als ich mir eben diesen Apparat zusammengestellt hatte, erfuhr ich zufällig, dafs Hr. Dr. Ragsky in Giefsen sich schon seit dem Sommer vorigen Jahres mit derselben Arbeit beschäftigt, und dafs er sie fast vollendet habe. Abgesehen davon, dafs ich es bedauert hätte, eine so weit vorgeschrittene Arbeit um deswillen plötzlich abzubrechen, hielt ich dafür, dafs es für die Sache selbst sehr vortheilhaft sey, wenn sie von zwei Chemikern, welche durchaus von einander unabhängig sind, gleichzeitig bearbeitet würde. Ich setzte daher meine Arbeit fort. Doch sehe ich mich veranlafst zu bemerken, dafs ich, auch wenn dieselbe etwa früher erscheinen sollte, als

die des Dr. Ragsky, nicht damit beabsichtige, diesem die Priorität des Gedankens, den Harnstoff aus dem durch Schwefelsäure daraus erzeugten Ammoniak zu bestimmen, streitig zu machen. Nur mufs ich für mich gleichfalls die Anerkennung vollkommener Unabhängigkeit meiner Arbeit in jedem ihrer Theile in Anspruch nehmen.

Die Versuche geschahen nun auf folgende Weise: Es wurden drei gewogene Quantitäten desselben frisch gelassenen Harns in die Retorte, in einen grofsen Platintiegel und in ein Becherglas gebracht. Aus der letzteren Quantität wurde mittelst Platinchlorid, absoluten Alkohol und Aether auf die oben angegebene Weise diejenige Menge Platin bestimmt, welche aus dem dadurch gefällten Kalium- und Ammoniumplatinchlorid erhalten werden konnte.

Diejenige Quantität, welche in die Retorte gebracht worden war, wurde eben so in dem neuen Apparate behandelt, wie in dem früher beschriebenen die Auflösung des reinen Harnstoffs. Jedoch gebrauchte ich stets die Vorsicht, zu beobachten, ob nicht beim Zusatz von Schwefelsäure zu dem Harn (wobei er sich natürlich stark erhitzte) eine geringe Gasentwicklung bemerkt werden könnte. Ich habe nie etwas der Art beobachten können. Ferner wurde die schwarze, in Wasser unlösliche Substanz, welche übrigens, aufser Kohlenstoff, noch Stickstoff, und wahrscheinlich auch noch Wasserstoff und Sauerstoff enthielt, wenn die Flüssigkeit aus der Retorte gespült wurde, abfiltrirt, das Filtrum ausgewaschen, und die abfiltrirte Flüssigkeit, erst nachdem sie eingedampft worden ist, auf die erwähnte Weise gefällt. Endlich liefs ich die Temperatur der Flüssigkeit, welche durch ein Thermometer regulirt wurde, nur bis 160° oder 170° steigen, wobei der Harnstoff schon vollständig zersetzt wird, während eine Kohlensäurebildung aus den Extractivstoffen des Harns weniger zu fürchten ist als bei höherer Temperatur.

Diejenige Menge Harn endlich, welche in den grofsen Platintiegel gegossen worden war, wurde mit concentrirter Schwefelsäure gemischt, und zuerst bei offenem Tiegel über einer höchst kleinen Spiritusflamme erhitzt, bis das Wasser zum gröfsten Theil verdunstet war, ohne dafs die Flüssigkeit zum Kochen gekommen wäre. Dann bedeckte ich den Tiegel mit einem Uhrglase, und erhitzte ihn so, dafs der Inhalt desselben keine höhere Temperatur als 180° C. annehmen konnte. Die Einwirkung der Schwefelsäure war vollendet, wenn sich bei dieser Temperatur aus der Flüssigkeit keine Bläschen mehr entwickelten. Jetzt wurde die Masse mit Wasser verdünnt, und zur Abscheidung der schwarzen kohleähnlichen Substanz filtrirt und diese ausgewaschen. Nach dem Abdampfen der Flüssigkeit wurde aus dem Rückstande das Kali und Ammoniak auf dieselbe Weise gefällt, und das Platin eben so zur Wägung gebracht, wie es oben bei Untersuchung des Harns auf seinen Ammoniak- und Kaligehalt schon beschrieben ist. Zu den Versuchen wurde von drei verschiedenen Personen, jedesmal kurz vor dem Versuche gelassener Morgenharn benutzt. Zwei dieser Personen waren daran gewöhnt viel Wasser zu trinken, daher die starke Verdünnung ihres Harns.

Der unter I angegebene Versuch diente mir zu einer vorläufigen Probe, ob man aus verschiedenen Mengen desselben Harns einigermafsen entsprechende Mengen Platin erhalten könne. Es wurden daher beide Portionen in Tiegeln mit Schwefelsäure behandelt, und das aus dem ursprünglich im Harn enthaltenen Kali und Ammoniak entspringende Platin nicht besonders bestimmt. Bei den übrigen Versuchen habe ich den durch die Anwesenheit der Harnsäure im Harn verursachten Fehler unberücksichtigt gelassen, und habe aus der ganzen Menge der Kohlensäure und des Platins, welche dabei erhalten wurde, die Quantität des Harnstoffs berechnet.

Nach dieser Methode erhielt ich folgende Resultate:

I. Aus 5,831 Grm. Harn erhielt ich 0,2745 Grm. oder 47,08 p. M. Platin, und aus 6,576 Grm. desselben Harns 0,3045 Grm. oder 46,30 p. M. Platin. Der Unterschied ist also 0,78 p. M., der, da das doppelte Atomgewicht des Platins mehr als dreimal gröfser ist, als das einfache des Harnstoffs, auf weniger als ein Drittheil bei Berechnung des Harnstoffs verringert werden würde.

II. Aus 13,793 Grm. Harn erhielt ich 0,139 Grm. Kohlensäure und 0,661 Grm. oder 47,92 p. M. Platin, und aus 6,0165 Grm. desselben Harns 0,3042 Grm. oder 50,56 p. M. Platin. 9,9047 Grm. Harn, unmittelbar mit Platinchlorid gefällt, gaben 0,032 Grm. Platin oder 3,23 p. M. Aus der Kohlensäuremenge werden 0,1905 Grm. oder 13,81 p. M. Harnstoff berechnet; aus dem Platin, nach Abzug der 3,23 p. M. Platin, 13,67 p. M. und 14,47 p. M.

III. 10,7045 Grm. Harn gaben 0,1705 Grm. Kohlensäure und 0,7735 Grm. oder 72,26 p. M. Platin. Die zweite Platinwägung mifsglückte. Aus 14,2727 Grm. erhielt ich 0,0214 Grm. oder 1,50 p. M. Platin. Daraus ist berechnet: 21,83 p. M. und 21,64 p. M. Harnstoff.

IV. 15,958 Grm. Harn gaben 0,1967 Grm. Kohlensäure und 0,9588 Grm. oder 60,09 p. M. Platin. Aus 7,852 Grm. desselben Harns erhielt ich 0,4425 Grm. oder 56,35 p. M. Platin. Bei diesem letzten Versuche war etwas durch einen Zufall verloren gegangen. 13,2983 Grm. desselben, nicht mit Schwefelsäure behandelt, gaben 0,063 Grm. oder 4,74 p. M. Platin. Aus der gefundenen Menge Kohlensäure findet man die Menge des Harnstoffs in diesem Harn gleich 0,2696 Grm. oder 16,89 p. M., aus dem Platin gleich 16,93 und 15,78 p. M.

V. Aus 15,8352 Grm. Harn erhielt ich 0,277 Grm. Kohlensäure und 1,355 Grm. oder 85,57 p. M. Platin. 6,9865 Grm. gaben 0,6007 Grm. oder 85,98 p. M. Platin. Endlich erhielt ich aus 11,8763 Grm. Harn, der nicht mit Schwefelsäure behandelt war, 0,0967 Grm. oder

8,14 p. M. Platin. Hieraus wird berechnet 23,98; 23,68 und 23,80 p. M. Harnstoff.

VI. Aus 13,1785 Grm. Harn erhielt ich 0,2895 Grm. Kohlensäure und 1,308 Grm. oder 99,25 p. M. Platin. 9,3738 Grm. gaben 0,9375 Grm. oder 100,01 p. M. Platin. Endlich erhielt ich aus 15,004 Grm. desselben Harns, der frisch mit Platinchlorid gefällt wurde, 0,1742 Grm. oder 11,61 p. M. Platin. Die Rechnung giebt 30,11 p. M., 26,80 p. M. und 27,03 p. M. Harnstoff. Bei diesem Versuche war offenbar zu viel Kohlensäure gebildet worden.

VII. 8,4485 Grm. Harn gaben 0,1522 Grm. Kohlensäure und 0,762 Grm. oder 90,19 p. M. Platin, und 8,331 Grm. desselben Harns 0,7435 Grm. oder 89,24 p. M. Platin. 11,108 Grm., sogleich nach dem Lassen mit Platinchlorid gefällt, gaben 0,0933 Grm. oder 8,40 p. M. Platin. Die Rechnung giebt 24,69; 25,01 und 24,73 p. M. Harnstoff.

VIII. 9,1262 Grm. Harn gaben 0,0954 Grm. Kohlensäure und 0,469 Grm. oder 51,39 p. M. Platin. Die zweite Platinwägung mifsglückte. Aus 22,8155 Grm. desselben, nicht mit Schwefelsäure behandelten Harns erhielt ich 0,085 Grm. oder 3,73 p. M. Platin. 0,1308 Grm. oder 14,33 p. M. ist die Menge des aus der gefundenen Quantität Kohlensäure, und 14,57 p. M. die des aus dem Platin berechneten Harnstoffs.

IX. Aus 7,919 Grm. Harn erhielt ich 0,1537 Grm. Kohlensäure und 0,7215 Grm. oder 91,11 p. M. Platin; aus 8,5062 Grm. dagegen 0,7757 Grm. oder 91,19 p. M. Platin. Endlich gaben 9,924 Grm., frisch mit Platinchlorid gefällt, 0,0365 Grm. oder 3,68 p. M. Platin. Die Rechnung giebt 26,61 p. M.; 26,74 p. M. und 26,76 p. M. Harnstoff.

X. Aus 10,910 Grm. Harn endlich erhielt ich 0,1544 Grm. Kohlensäure, und 0,791 Grm. oder 72,50 p. M. Platin, und aus 9,529 Grm. Harn 0,6926 Grm. oder 72,68 p. M. Platin. Aus 11,9113 Grm. desselben Harns er-

hielt ich endlich, als er im unveränderten Zustande mit Platinchlorid gefällt wurde, 0,1113 Grm. oder 9,34 p. M. Platin. Die Rechnung ergiebt aus der gefundenen Menge Kohlensäure 0,2116 Grm. oder 19,40 p. M. Harnstoff, aus den gefundenen Mengen Platin aber 19,31 p. M. und 19,37 p. M. Harnstoff.

Die Resultate der Versuche stelle ich zur besseren Uebersicht nochmals zusammen. Ich fand:

	II.	III.	IV.	V.	VI.
Aus der Kohlensäure berechnete Menge des Harnstoffs	13,81	21,83	16,89	23,98	30,11
Aus dem Platin berechnete Menge des Harnstoffs	13,67	21,64	16,93	23,68	26,80
Aus dem Platin berechnete Menge des Harnstoffs	14,47	—	15,78	23,80	27,03

	VII.	VIII.	IX.	X.
Aus der Kohlensäure berechnete Menge des Harnstoffs	24,69	14,33	26,61	19,40
Aus dem Platin berechnete Menge des Harnstoffs	25,01	14,57	26,74	19,31
Aus dem Platin berechnete Menge des Harnstoffs	24,73	—	26,76	19,37.

Die sehr gut übereinstimmenden Resultate dieser Versuche zeigen erstens, dafs in demselben Harn durch die Behandlung mit Schwefelsäure stets dieselbe Menge Ammoniak erzeugt wird, und zweitens, dafs die daraus erhaltene Menge Kohlensäure zu der des Ammoniaks stets in dem Verhältnifs der Atomgewichte dieser beiden Stoffe steht. Nur bei einem Versuche war die Menge der gefundenen Kohlensäure etwas zu grofs. Es ist wohl anzunehmen, dafs diese einzige Ausnahme durch einen nicht bemerkten Fehler in dem Versuche erklärt werden mufs. Es folgt also daraus nicht allein, dafs diese Methode den Harnstoff zu bestimmen, mit Sorgfalt angewendet, nicht verschiedene Resultate geben kann, sondern auch, dafs nur in *dem* Fall einer der anderen im Harn enthaltenen Stoffe auch bei Einwirkung von Schwefelsäure Ammoniak

bilden könne, wenn er dabei zugleich so viel Kohlensäure bildet, dafs beide im Verhältnifs ihrer Atomgewichte stehen. Dieser Fall ist sehr unwahrscheinlich. Leider ist es mir aber nicht möglich gewesen, seine Unmöglichkeit zu beweisen. Allein ich habe wenigstens für diejenigen Ertractivstoffe, welche von dem Harnstoff abscheidbar sind, oben nachgewiesen, dafs sie nicht, oder, wenn überhaupt, doch so unwesentlich zu der Ammoniakbildung beitragen, die stattfindet, wenn Harn mit Schwefelsäure abgedampft wird, dafs durch sie diese Methode der Bestimmung des Harnstoffs nicht unbrauchbar gemacht wird. Ich glaube mit Zuversicht annehmen zu dürfen, dafs auch die übrigen, von dem Harnstoff bis jetzt nicht genau abscheidbaren Stoffe auf die angegebene Weise kein Ammoniak bilden, da das Verhältnifs der Kohlensäure und des Ammoniaks, welche aus dem Harn durch Schwefelsäure erhalten werden, dasselbe ist, als wenn man reinen Harnstoff damit behandelt. Doch bin ich weit entfernt es für vollkommen bewiesen zu halten. Es ist aber bis jetzt noch nicht möglich, den letzten Zweifel zu heben. Ich glaube aber dennoch, dafs diese Methode der Bestimmung des Harnstoffs, an der einen Fehler zu entdecken mir nicht gelungen ist, den bisher bekannten, an denen ich leicht mehrere Fehler nachweisen konnte, für jetzt vorzuziehen ist.

Jetzt habe ich die ganze Methode, deren Theile in dem Obigen nur zerstreut aufzufinden sind, nochmals zusammenzufassen.

Um den Harnstoff nach derselben zu bestimmen, füllt man ein Gläschen, das etwa 25 Grm. Wasser fafst, mit frisch gelassenem Harn, bestreicht seinen Rand an einer Stelle mit Talg, bedeckt es mit einem Deckglase und setzt es auf die Waage, Nachdem sich die Temperatur desselben mit der der umgebenden Luft in's Gleichgewicht gesetzt hat, wägt man. Darauf giefst man, indem man das Gläschen mit einer Zange von der Waage nimmt,

etwa 6 bis 8 Grm. des Harns in ein Becherglas und wägt nun das von Neuem zugedeckte Gläschen wieder. Darauf giefst man auf dieselbe Weise die übrige Menge des Harns in ein zweites Glas und wägt das Glas nochmals.

Die erstere Quantität des Harns versetzt man mit etwa 30 Tropfen Salzsäure und läfst sie 24 Stunden lang an einem kühlen Orte stehen. Dann filtrirt man die Flüssigkeit durch ein sehr kleines Filtrum in einen grofsen Platintiegel, oder, in Ermanglung desselben, in einen grofsen Porcellantiegel, wäscht Glas und Filtrum mit möglichst wenig Wasser aus, versetzt das Filtrat mit etwa 6 Grm. Schwefelsäure, und dampft die Flüssigkeit bei offenem Tiegel mittelst einer so schwachen Flamme einer kleinen Spirituslampe, dafs sie nicht kocht, so weit ab, bis die Einwirkung der Schwefelsäure auf den Harnstoff beginnt, welche sich durch Blasenwerfen, nämlich durch Kohlensäureentwicklung, kund giebt. Dann bedeckt man den Tiegel mit einem Uhrglase, und erhitzt ihn so lange mit derselben kleinen Flamme, bis die Gasentwicklung aufhört, und Dämpfe von Schwefelsäure den Tiegel zu füllen beginnen. Man kann, um die Temperatur zu reguliren, ein Thermometer in die Flüssigkeit tauchen. Es darf dieses ohne Gefahr bis 180° steigen. Nachdem die Zersetzung vollendet ist, spritzt man das Uhrglas mit etwas Wasser ab, spült den Inhalt des Tiegels mit diesem Wasser auf ein Filtrum und filtrirt die Flüssigkeit in eine Porcellanschale. Nachdem der Tiegel und das Filtrum vollkommen ausgewaschen sind, dampft man die Flüssigkeit so weit ein, bis fast alles Wasser verdunstet ist, und fast concentrirte Schwefelsäure, die natürlich schwefelsaures Ammoniak, schwefelsaures Kali, schwefelsaures Natron, phosphorsaure Salze und organische Bestandtheile enthält, zurückbleibt. Darauf giefst man auf diesen Rückstand etwa zwanzig Tropfen Salzsäure, eine hinreichende Quantität Platinchlorid, endlich eine Mischung von Aether und Alkohol, wovon vier

Theile einen Theil Aether enthalten, und mischt alles gut durcheinander. Sollte die Flüssigkeit, welche über dem entstandenen Niederschlage steht, entweder farblos oder nur blafsgelb gefärbt seyn, so hat man zu fürchten, dafs noch nicht alles Kali und Ammoniak als Platinsalz gefällt ist, und dafs sie der Niederschlag an Schwefelsäure gebunden enthält. Man braucht dann nur noch etwas Platinchlorid hinzuzufügen, wodurch selbst die niedergeschlagenen schwefelsauren Salze von Kali und Ammoniak in die entsprechenden Platinverbindungen umgewandelt werden. Nach 8 bis 10 Stunden filtrirt man den so erhaltenen Niederschlag ab, wäscht ihn mit ätherhaltigem Alkohol aus, trocknet ihn gelinde und glüht ihn in einem gut zugedeckten gewogenen Platintiegel, nachdem er in das Filtrum eingehüllt worden ist, so lange, bis aller Salmiak sowohl, wie das Chlor, aus dem Platinchlorid verjagt ist. Darauf öffnet man den glühenden Tiegel und verbrennt das Filtrum, so weit es möglich ist, läfst ihn erkalten und übergiefst seinen Inhalt mit kochender verdünnter Salzsäure, filtrirt die Flüssigkeit ab, und wiederholt diefs so lange, bis die vom Filtrum abtropfende Flüssigkeit, auf Platinblech verdunstet, keinen Rückstand läfst. Jetzt wird das Filtrum und der Tiegel bei gelinder Wärme getrocknet, jenes in diesem verbrannt und der Tiegel gewogen. Nach Abzug der Asche des Filtrums erhält man auf diese Weise die Menge des Platins, welche der Menge des Kalis, Ammoniaks und Harnstoffs im Harn entspricht.

Diejenige Quantität Harn, welche in ein Becherglas eingewogen worden ist, wird sogleich mit Platinchlorid, dem dreifachen Volumen absoluten Alkohols und dem einfachen Volumen Aether versetzt, der erhaltene Niederschlag nach 8 bis 10 Stunden abfiltrirt und in einem gut bedeckten gewogenen Platintiegel so lange geglüht, bis weder Salmiak noch Chlor ferner entweichen. Darauf wäscht man die geglühte Masse mit kochender ver-

dünnter Salzsäure auf dieselbe Weise aus, wie ich es oben beschrieben habe. Das Filtrum, von welchem die Waschflüssigkeit abfliefst, wird, nachdem es getrocknet ist, in dem Platintiegel verbrannt und dieser gewogen. Man erhält dadurch das Gewicht derjenigen Menge Platin, welche dem Kali- und Ammoniakgehalt des Harns entspricht. Die Differenz der auf 100 Th. Harn berechneten, nach den beiden Versuchen gefundenen Platinmengen giebt also diejenige Menge Platin an, welche der in 100 Th. Harn enthaltenen Quantität Harnstoff entspricht. Aus einem Atom Harnstoff ($C^2 H^4 N^2 O^2$) erhält man zwei Atome Platin. Der Versuch ist also beendet, wenn es nur darauf ankommt den Harnstoff zu bestimmen.

Auf eine einfache Weise läfst sich aber zugleich die Quantität des Ammoniaks und des Kalis in dem Harn bestimmen. Man hat nur die Flüssigkeit, welche von dem in dem zweiten Versuche erhaltenen Platin abfiltrirt ist, und welche die ganze Menge des im Harn vorhandenen Kalis enthält, einzudampfen, mit Platinchlorid und Alkohol zu fällen, und das in dem Niederschlage enthaltene Platin auf dieselbe Weise zu bestimmen, wie es oben weitläufig auseinandergesetzt ist. Aus dieser Menge Platin läfst sich unmittelbar die des Kalis berechnen. Aus der Differenz derselben und derjenigen Quantität, welche dem im Harn enthaltenen Kali und Ammoniak entspricht, kann die Menge des letzteren durch Rechnung gefunden werden. Man bestimmt sonach nach dieser Methode durch die Wägungen von drei auf verschiedene Weise erhaltenen Mengen Platin die Quantitäten dreier verschiedener Stoffe im Harn, des Harnstoffs, des Kalis und des Ammoniaks.

Wenn es bei einer Bestimmung des Harnstoffs nicht auf eine vollkommene Genauigkeit ankommt, so kann die obige Methode sehr abgekürzt werden. Wie ich oben schon nachgewiesen habe, bildet die Harnsäure,

wenn sie mit Schwefelsäure erhitzt wird, stets ziemlich genau dieselbe Menge Ammoniak. Da nun der Gehalt des Harns an dieser Säure sehr gering ist, und also auch im Verhältnifs zu der Menge des Harns betrachtet nur sehr wenig variirt, so kann man die Abscheidung derselben aus dem Harn, ehe er mit Schwefelsäure behandelt wird, füglich unterlassen. Der Fehler, welcher dadurch entsteht, beträgt, wenn man den durchschnittlichen Gehalt des Harns an Harnsäure zu 1,0 p. M. annimmt, noch nicht 0,7 p. M. Man kann ihn aber dadurch noch geringer machen, dafs man durch Schätzung nach einem qualitativen Versuche die ungefähre Menge der Harnsäure in dem untersuchten Harn bestimmt, und danach 0,4 bis 0,8 von der in 1000 Th. Harn gefundenen Harnstoffmenge abzieht.

Auch kann man den Rückstand nach der Einwirkung der Schwefelsäure auf den Harn, anstatt ihn zu verdünnen und zu filtriren, sogleich mit Platinchlorid und ätherhaltigem Alkohol fällen, da die durch jene Filtration abscheidbaren Stoffe entweder vollständig verbrennen, oder doch die geringe Menge Asche, welche sie bilden könnten, durch das nachherige Auswaschen mit kochender verdünnter Salzsäure entfernt werden würde. Man hat sich dann nur zu hüten den Niederschlag, wenn er geglüht werden soll, sogleich stark zu erhitzen; denn durch die dadurch erzeugten Gase könnte leicht eine kleine Menge Platin mechanisch mit fortgerissen werden, während dieser Verlust nicht zu befürchten ist, wenn man den Tiegel, welcher den Niederschlag enthält, zuerst schwach und erst allmälig immer stärker erhitzt.

Diejenige Correction aber, welche durch den Gehalt des Harns an Kali und Ammoniak nothwendig gemacht wird, kann man nicht fortlassen, ohne einen bedeutenden Fehler zu verursachen. Aus den obigen zahlreichen Versuchen geht hervor, dafs die dem im frischen Harn enthaltenen, Kali und Ammoniak entsprechenden

Mengen Platin sehr variiren können. Ich erhielt zwischen 1,5 und 11,6 p. M. Platin. Wollte man diefs ganz vernachlässigen, so würde man also einen Fehler machen, der zwischen 0,5 und 3,5 p. M. schwankte. Man könnte ihn freilich dadurch verringern, dafs man in jedem Falle 2 p. M. von der gefundenen Menge Harnstoff in Abzug brächte; allein dessen ungeachtet würde er sich hienach doch noch immer auf 1,5 p. M. belaufen können. Es wäre also nur dann diese Correction zu vernachlässigen, wenn es auf einen so grofsen Fehler nicht ankommt.

Wenn nun auch aus meinen Versuchen hervorgehen möchte, dafs die angegebene Methode, den Harnstoff zu bestimmen, für den normalen Harn für jetzt durchaus brauchbar ist, und zu genaueren Resultaten führt, als jede andere bisher angewandte Methode, so müfste doch für den Harn von Kranken, welcher aufsergewöhnliche Bestandtheile, namentlich die Bestandtheile des Blutes oder der Galle oder Zucker enthält, ihre Anwendbarkeit noch besonders nachgewiesen werden. Ich behalte mir diefs für eine spätere Arbeit vor. Bis jetzt habe ich nur diabetischen Harn nach dieser Methode untersucht.

Es stand zu erwarten, dafs der in demselben enthaltene anomale Stoff, der Zucker, welcher keinen Stickstoff enthält, also auf keine Weise zu Ammoniakbildung Anlafs geben kann, die Bestimmung des Harnstoffs durch die Wägung des Platins wohl gestattete, aber veranlassen würde, dafs die aus der Quantität der erzeugten Kohlensäure berechnete Menge Harnstoff zu grofs ausfiele, da aus ihm, durch Einwirkung der Schwefelsäure, schon unter 100° Kohlensäure erzeugt wird. Diefs wird durch die folgenden Versuche vollkommen bestätigt.

Aus 9,0132 Grm. dieses Harns erhielt ich 0,1083 Grm. Kohlensäure und 0,237 Grm. oder 26,27 p. M. Platin, ferner aus 10,6565 Grm. Harn 0,271 Grm. oder

25,43 p. M. Platin. Aus der gefundenen Menge Kohlensäure würden durch Rechnung 0,1485 Grm. oder 16,47 p. M. Harnstoff gefunden werden. Die gefundenen Mengen Platin dagegen entsprechen selbst bei Vernachlässigung des abzurechnenden, von dem Kali und Ammoniak im Harn herzuleitenden Platins, dessen Menge jedoch nur gering war, und dessen Bestimmung durch einen Zufall verunglückte, nur 8,04 und 7,78 p. M. Harnstoff. Diese beiden Zahlen weichen von der obigen, aus der gefundenen Quantität Kohlensäure berechneten aufserordentlich ab, stimmen aber sehr gut mit einander überein, und ich zweifle daher nicht, dafs auch der im diabetischen Harne enthaltene Harnstoff nach der angegebenen Methode seiner Menge nach bestimmt werden kann.

XI. *Einfache Methode die geringsten Mengen von schweflichter Säure nachzuweisen; von W. Heintz.*

Schon von Pelletier dem Aelteren [1]) ist ein ziemlich empfindliches Reagens für schweflichte Säure angegeben worden. Auf diese lange Zeit hindurch beinahe vergessene Methode hat im Jahre 1835 Girardin [2]) von Neuem die Aufmerksamkeit der Chemiker gelenkt. In der That ist sie sehr anwendbar, wenn es nicht darauf ankommt die geringsten Spuren dieser Säure zu entdecken. Sie beruht bekanntlich auf der Einwirkung von Zinnchlorür auf dieselbe. Wenn nämlich Zinnchlorür in Krystallen zu der mit Chlorwasserstoffsäure versetzten zu untersuchenden Flüssigkeit, oder in dieser Säure aufgelöstes

1) *Annales de chimie, T. XII, p.* 231. (1792.)

2) Journal für practische Chemie, Bd. 6, S. 81. (1835.)

löstes Zinnchlorür zu der unvermischten Flüssigkeit hinzugefügt wird, so wird nach einiger Zeit die Flüssigkeit gelb, trübt sich, und der sich daraus bildende gelbe Niederschlag nimmt allmälig eine braune Farbe an, wenn schweflichte Säure in derselben enthalten war. Wenn aber nur äufserst geringe Spuren derselben aufgefunden werden sollen, so reicht diese Methode durchaus nicht aus; sie giebt dann gar kein Resultat. Deshalb haben Fordos und Gélis [1]) eine andere empfohlen, welche in der That viel geringere Mengen schweflichter Säure nachweist. Sie wendeten sie hauptsächlich bei Untersuchung der Reinheit der Salzsäure an. Die Säure wird, nach ihnen, auf Zink gegossen, und das sich entwickelnde Wasserstoffgas durch eine Lösung eines Bleisalzes (sie wendeten basisch essigsaures Bleioxyd an) geleitet. Durch das aus der schweflichten Säure sich bildende Schwefelwasserstoffgas wird aus der Bleioxydlösung Schwefelblei niedergeschlagen. Es ist klar, dafs man diese Methode nicht blofs bei Untersuchung der Salzsäure, sondern ziemlich in jedem Falle anwenden kann, wo die Abwesenheit des Schwefelwasserstoffs erwiesen ist. Man hat nur die zu untersuchende Substanz mit Salzsäure zu versetzen, und diese Flüssigkeit auf Zink einwirken zu lassen.

So empfindlich diese Methode auch ist, so hat sie doch viele Unbequemlichkeiten. Zuerst ist stets ein eigener, wenn auch einfacher Gasentwicklungsapparat dazu nöthig, dann aber mufs die gröfseste Sorgfalt darauf verwendet werden, dafs das Zink frei von Schwefel ist.

Ich bin zu einer einfacheren, eben so empfindlichen Methode geführt worden, welche eigentlich die von Pelletier zuerst angegebene ist. Neu ist nur das Mittel, wodurch ich die Reaction sichtbarer mache. Ich verfahre wie folgt:

Die zu untersuchende Flüssigkeit, oder die in Wasser oder Salzsäure aufgelöste Substanz wird mit einer

1) *Journal de pharm. et de chimie, III, p.* 109.

Auflösung von Zinnchlorür in verdünnter Salzsäure versetzt und bis zum anfangenden Kochen erhitzt. Dadurch geschieht diejenige Zersetzung, welche die Fällung von Schwefelzinn verursachen würde, wenn schweflichte Säure in nur einigermafsen gröfserer Menge vorhanden wäre. Wird diese Menge aber bis auf einen gewissen Grad verringert, so fällt Schwefelzinn nicht nieder, die Flüssigkeit riecht aber nach Schwefelwasserstoffgas, und färbt sich unmerklich gelb, ohne sich zu trüben. Jener Geruch würde also schon eine geringere Menge von schweflichter Säure anzeigen, als nöthig ist, um die Fällung von Schwefelzinn zu veranlassen. Da sein Geruch aber, wenn nur höchst geringe Spuren dieser Säure vorhanden waren, durch die Dämpfe der Salzsäure verdeckt werden könnte, so kann man die Gegenwart des daraus gebildeten Schwefelwasserstoffs leicht dadurch sichtbar machen, dafs man einige Tropfen einer Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd zu der erkalteten Flüssigkeit hinzusetzt. Es fällt sogleich Schwefelkupfer nieder, das seiner intensiven Farbe wegen die Gegenwart auch der geringsten Mengen von Schwefelwasserstoff, also in diesem Falle auch von schweflichter Säure nachweist. Statt einer Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd kann man auch eine Lösung von Chlorwismuth in Salzsäure anwenden. Essigsaures Bleioxyd aber ist zu diesem Zweck nicht brauchbar. Man erhält dadurch nicht einen schwarzen, sondern einen weifsen Niederschlag, welcher aus Chlorblei besteht.

Die Reaction ist nicht eben so sicher, wenn man die mit Zinnchlorür versetzte Flüssigkeit zuerst mit schwefelsaurem Kupferoxyd versetzen und sie dann erst erwärmen wollte. Denn in diesem Falle wirkt das Zinnchlorür zuerst auf das Kupferoxyd reducirend. Hat man also mehr Kupferoxydlösung zu der Flüssigkeit hinzugesetzt, als mittelst des angewendeten Zinnchlorürs in Kupferoxydulsalz verwandelt werden kann, so bleibt von

diesem nichts übrig, um die schweflichte Säure in Schwefelwasserstoff zu verwandeln. Freilich in dem Falle, wenn man für einen Ueberschufs an Zinnchlorür gesorgt hat, erhält man auch auf diesem Wege eine Reaction, indem nämlich zuerst das Kupferoxyd zu Kupferoxydul reducirt, dann durch den Ueberschufs von Zinnchlorür die schweflichte Säure in Schwefelwasserstoff umgewandelt wird, welches die Fällung von Kupfersulphür veranlafst.

Den Vorgang bei der Einwirkung von Zinnchlorür auf schweflichte Säure und von einer Kupferoxydlösung auf die dadurch erhaltene Flüssigkeit kann man sich durch folgende Formeln versinnlichen:

$$2\ddot{S}+6\,\mathrm{Sn\,Cl}=\mathrm{Sn\,S^2}+2\ddot{\mathrm{S}}\mathrm{n}+3\,\mathrm{Sn\,Cl^2},$$

und:

$$\mathrm{Sn\,S^2}+2\dot{\mathrm{C}}\mathrm{u}=\ddot{\mathrm{S}}\mathrm{n}+2\,\mathrm{Cu\,S}.$$

Wenn man die Reaction, welche bei gleichzeitiger Einwirkung von schweflichter Säure, Zinnchlorür und Kupfersolution auf einander stattfindet, durch eine Formel darstellen wollte, so würde sie folgende seyn:

$$\ddot{S}+4\,\mathrm{Sn\,Cl}+2\dot{\mathrm{C}}\mathrm{u}=\mathrm{S\,Cu}+2\,\mathrm{Sn\,Cl^2}+2\ddot{\mathrm{S}}\mathrm{n}.$$

XII. *Bemerkungen über das sogenannte Ozon; von N. W. Fischer.*

In meiner Beurtheilung der Schönbein'schen Schrift: »Ueber die Erzeugung des Ozons auf chemischem Wege« (Berliner Jahrbücher für wissensch. Kritik. Decemberheft 1844), habe ich neben der Prüfung des Versuchs des Verfassers und der von demselben daraus gezogenen Schlüsse eigene Versuche angegeben, die zu einem ganz entgegengesetzten Resultat führen, als der Verf. aufgestellt hatte. Ich schlofs daher meinen Bericht mit den Worten:

»dafs die Entdeckung des Ozons als Bestandtheil des Stickstoffs aller und jeder Begründung ermangelt.« Indem ich nämlich nachgewiesen zu haben glaubte, dafs die riechende Substanz, ungeachtet der gleichen Wirkung auf Platin und Jodkaliumkleister, dennoch verschiedener Natur sey, je nachdem sie durch elektrische Entladung, oder durch galvanische Wasserzersetzung, oder durch Oxydation des Phosphors an der Luft erzeugt worden ist. Im ersten Fall, und, wie ich glaube, unabhängig vom Geruch, rührt diese Wirkung von der erzeugten Salpeter- oder salpetrigen Säure, im zweiten von dem gebildeten Wasserstoffsuperoxyd, und im dritten von einer erzeugten Säure des Phosphors her.

Wie ich denn auch die angegebene Reaction auf Platin etc. in den beiden letzten, so wie den Geruch bei elektrischer Entladung beim Ausschlufs des Stickstoffs *in reiner Sauerstoffluft dargethan habe.* Aus dem sehr ähnlichen oder gleichen Geruch, den diese Materie bei diesen verschiedenen Darstellungsarten haben soll — ich selbst habe ihn verschieden gefunden — konnte ich keinen Schlufs auf die Identität gestatten, weil es mehrere Körper giebt, welche, bei verschiedener Natur, einen ähnlichen Geruch haben.

Endlich zeigte ich an, dafs es, nach meinen Versuchen, die ich für das Erdmann'sche Journal für pract. Chemie bestimmt hatte (Juliheft d. J.), mehrere gas- und dunstförmige Körper giebt, die dieselbe polarisirende Wirkung auf Platin, und eine noch gröfsere Anzahl verschiedener Körper, welche dieselbe Reaction, wie das sogenannte Ozon, auf Jodkaliumpapier ausüben. Seit der Veröffentlichung dieser Kritik und des kleinen Aufsatzes in Erdm. Journ. haben verschiedene Zeitschriften, *Compt. rendu*, *l'Institut*, Froriep's Notizen, ja selbst die Augsb. Allg. Zeit., von einer Arbeit Marignac's berichtet, nach welcher der Stickstoff keinen Antheil an der Erzeugung des Ozons hat. Auch Schönbein er-

klärt dasselbe in einer Notiz, welche er gegen meine Angaben über das Jodkalium in Erdm. Journal, wenn ich nicht irre, in's Märzheft, einrücken liefs. Wenn weder in dieser, noch in dem so eben erschienenen Aufsatz von Schönbein: »Ueber die Natur des Ozons«, in diesen Annalen, Bd. 65, S. 69, noch in einem über denselben Gegenstand von Williamson (Annalen der Chemie und Pharm., April) meiner Beurtheilung erwähnt wird, so ist vielleicht die geringe Verbreitung und späte Versendung der Berliner Jahrbücher der Grund davon, so dafs selbst Schönbein sie am 20. März, von welchem Tage sein letzter Aufsatz datirt ist (»am grünen Donnerstag«), noch nicht hatte.

Natürlich kann mir aber das ganz gleich seyn, nachdem das Resultat meiner Untersuchung, dafs im Stickstoff kein Ozon enthalten sey, von verschiedenen Seiten bestätigt worden ist. Eben so kann es mir gleich seyn, wenn irgend eine bekannte oder unbekannte Verbindung nunmehr mit dem Namen Ozon benannt wird, so wie, wenn eine solche Verbindung zwar übereinstimmend als ein Hyperoxyd des Wasserstoffs erkannt wird — welches, nach Williamson, entsprechend meinen Angaben, nur durch das Elektrolysiren des Wassers, nicht aber auch bei der Oxydation des Phosphors an der Luft erzeugt wird, — es nicht das längst bekannte von Thénard entdeckte, sondern ein neues verschiedenes seyn soll.

Hingegen sehe ich mich veranlafst, gegen Angaben, die diese Aufsätze enthalten, und die im Widerspruch mit den meinigen stehen, folgende Bemerkungen hier mitzutheilen.

Ich hatte in meiner Beurtheilung behauptet, dafs bei der Elektrolyse des Wassers das (bekannte) Wasserstoffsuperoxyd mit dem Sauerstoff sich entwickle, dafs die Luft einen eigenthümlichen Geruch besitze — den ich bei der geringen Menge des zersetzten Wassers auch mit schwach bezeichnete, — dafs diese Luft Platin negativ

polarisire und auf Jodkalium zersetzend einwirke. Zum Beweise, dafs dieses Wirkungen des gebildeten Wasserstoffsuperoxyds seyen, hatte ich dieses aus Bariumsuperoxyd und Fluorkieselwasserstoffsäure unmittelbar und im verdünnten Zustande dargestellt, und auch von diesem den schwachen Geruch und die Reaction auf Platin und Jodkalium wahrgenommen. Dabei führte ich auch die Stelle aus Schönbein's Schrift an, nach welcher auch er anfangs der Ansicht war, das Ozon sey Wasserstoffsuperoxyd, welche Ansicht er jedoch bald verwarf, weil dieses Superoxyd ohne Geruch, nicht flüchtig und das Platin positiv polarisirend sey, was ich durch die angeführten Versuche als unrichtig nachgewiesen habe. In dem angeführten neuesten Aufsatz von Schönbein wird wieder diese dreifache Verschiedenheit in Hinsicht des Geruchs etc. als Beweis aufgestellt, dafs das Ozon zwar Wasserstoffsuperoxyd, doch nicht das von Thénard dargestellte sey. Auch Williamson, der durch seine gründliche Untersuchung es aufser allen Zweifel gesetzt hat, dafs die bei der Elektrolyse des Wassers erzeugte riechende Materie Wasserstoffhyperoxyd sey, führt als Beweis der Verschiedenheit desselben von dem Thénard'schen an, dafs das letzte ohne Geruch und nicht flüchtig sey.

Ohne irgend ein Gewicht auf meine Wahrnehmung eines schwachen Geruchs bei dem letzteren im verdünnten Zustand zu legen, und mich über die widersprechenden Angaben über den Geruch auf das a. a. O. aufgestellte berufend, glaube ich es aufser allen Zweifel gesetzt zu haben, dafs das dargestellte Präparat flüchtig ist, d. h. mit dem Wasser verdunstet, indem ich zu wiederholtenmalen die bestimmte Reaction wahrgenommen habe, wenn Platin und Reagenspapier in der Atmosphäre über dem flüssigen Hyperoxyd gehalten worden sind.

Eben so mufs ich mit Bestimmtheit behaupten, dafs das Platin in dieser Atmosphäre negativ polarisirt wird. Wenn Schönbein und, wie er anführt, auch Becque-

rel das Platin positiv polarisirt erhalten haben, so kann es vielleicht davon herrühren, daſs entweder das Hyperoxyd noch freie Säure, mittelst welcher es dargestellt worden ist, und zwar von der Art enthielt, welche ebenfalls verdunstet und das Platin positiv polarisirt, oder daſs das Metall nicht bloſs in der Atmosphäre gehalten, sondern auch von der Flüssigkeit benetzt wurde. Ich glaube gewiſs, daſs Jeder, welcher den Versuch mit frisch bereitetem Superoxyd wiederholt, meine Angabe über das negative Polarisiren bestätigen wird. Diesem nach würde nur noch der Geruch als die einzige Verschiedenheit der beiden Hyperoxyde übrig bleiben. Doch nein, es giebt noch einen wichtigen Unterschied, das Verhalten zum Wasser. Das Thénard'sche verbindet sich sogleich bei der Darstellung mit Wasser, und kann sogar nur bis auf einen bestimmten Punkt davon getrennt werden, während das galvanische luftförmig ist und nur sehr wenig vom Wasser absorbirt wird. Aber sollten nicht deſsungeachtet beide als identisch betrachtet, und die Verschiedenheit von der verschiedenen Darstellungsart abgeleitet werden können? Bei dem einen Verfahren wird es unter (viel) Wasser und ganz allmälig gebildet, so daſs das in jedem Zeitmoment gebildete sich *in statu nascente* mit dem Wasser verbindet. Bei dem zweiten Verfahren hingegen wird es ununterbrochen mit dem sich entwickelnden Sauerstoff erzeugt, mit dem es gleichsam eine luftförmige Verbindung eingeht, die das Wasser nur schwer zu trennen vermag. Daſs der letztere Geruch hat, der dem mit Wasser verbundenen fehlt, ist nicht so auffallend, um sie dadurch als wesentlich verschieden zu bezeichnen. Ein gleiches Verhalten zeigt die phosphorige Säure in ihrem luftförmigen und im Wasser gelösten Zustande, und dürfte wohl noch bei einem oder dem andern Körper zu finden seyn.

Breslau, den 10. Juli 1845.

XIII. *Bemerkungen zu Hrn. Schönbein's Beleuchtung meiner Meinung, betreffend das Ozon; von N. W. Fischer.*

Endlich hat Hr. S. meine Kritik seiner Schrift: »*Ueber die Erzeugung des Ozons auf chemischem Wege*«, in den Berliner Jahrbüchern für wissenschaftliche Kritik zu Gesicht bekommen, und seinen Aerger darüber in einem Aufsatz: »*Beleuchtung der Meinung etc.*«, in diesen Annalen, Bd. 65, S. 190, ausgesprochen. Ob es ein bloſser Zufall ist, daſs in dieser, vom 15. April datirten »*Beleuchtung*« die Quelle nicht angegeben ist, wo ich diese Meinung aufgestellt habe, kann ich freilich nicht wissen.

Gewiſs wird es Jedem unangenehm berühren, dem die geglaubte Entdeckung als ein Irrthum nachgewiesen wird; aber der wissenschaftlich gebildete Mann wird seinen Verdruſs über den Verlust des Ruhmes, eine so wichtige Entdeckung gemacht zu haben, wie die des Ozons zu seyn schien, nicht durch Schmähreden gegen Den äuſsern, welcher den Irrthum aufgedeckt hat, wie diese Beleuchtung solche gegen mich enthält. Indem ich hier die Behauptungen des Hrn. S. über Einzelnes meiner Beurtheilung zu berichtigen veranlaſst bin, werde ich von allen jenen Anzüglichkeiten ganz absehen. Sowohl weil es meiner Natur entgegen ist, mich solcher Waffen zu bedienen, als auch aus Achtung für diese der Wissenschaft gewidmeten Zeitschrift.

Vor allen Dingen bemerkt Hr. S., daſs ich mich eines mit jodsaurem Kali verunreinigten Jodkaliums bedient habe. »Denn er selbst giebt an«, heiſst es wörtlich, »daſs die verschiedensten, mit Wasser verdünnten Säuren seine mit Jodkalium getränkten Papierstreifen ge-

bräunt oder seinen Jodkaliumkleister gebläut hatten. Nun weifs jeder Chemiker, oder soll es wenigstens wissen, dafs mit Wasser gehörig verdünnte Schwefelsäure, Phosphorsäure etc., organische Säuren etc. kein Jod aus dem Jodkalium ausscheiden, falls dieses rein ist, d. h. kein jodsaures Kali enthält. Alle Schlüsse, welche Hr. F. aus den mit (unreinem) seinem Jodkalium erhaltenen Resultaten gezogen hat, sind daher falsch etc.«

Hr. S. ist von der fixen Idee eines unreinen Jodkaliums so geblendet, dafs er den wesentlichen Unterschied übersehen hat, den ich in Hinsicht der Wirkung wäfsriger Säuren auf *Jodkaliumpapier* und *Jodkaliumlösung* aufgestellt habe. Die Stelle, worauf sich dieses Raisonnement von S. bezieht, ist nicht in der Kritik, sondern in dem Aufsatz: Ueber das Vermögen mehrerer gas- und dunstförmiger Körper etc. (Erdm. Journ. f. pract. Chemie, Bd. 34, S. 186) enthalten, und lautet: »Aufser diesen gas- und dunstförmigen Substanzen bewirken alle flüssigen (wäfsrigen) Säuren, wie Schwefel-, Phosphor- etc., Essig-, Weinsäure, ja selbst die Blausäure, sofort die blaue Färbung des *Papiers*, während alle, mit Ausnahme der Schwefelsäure (d. h. wenn sie nicht zu sehr verdünnt ist), mit Jodkalium*lösung* vermischt, wie natürlich, keine (wahrnehmbare) Zerzetzung des Salzes, und folglich keine Färbung hervorbringen.« Und als Grund dieses scheinbaren Widerspruchs gab ich an, dafs beim Benetzen des Papiers mit einer wäfsrigen Säure der *Sauerstoff der Luft* mit wirke. Hr. S. eifert ferner gegen meine Behauptung, sein chemisches Ozon auch mit Sauerstoffluft erhalten zu haben, da weder er noch Marignac es auf diese Art erhalten konnte. Aber ich war weit entfernt zu behaupten, sein chemisches Ozon dargestellt zu haben, wohl aber habe ich behauptet, und Jeder, der den Versuch macht, wird es bestätigen, dafs das negative Polarisiren von Platin und das Färben des Jodkaliumpapiers eben so in der Atmosphäre stattfindet,

welche durch Einwirkung von reiner Sauerstoffluft auf Phosphor, wie in der durch Einwirkung der atmosphärischen Luft gebildet worden ist, — nur mit dem aufgestellten Unterschied, dafs bei Anwendung von Sauerstoff diese Wirkung später erfolgt und eine höhere Temperatur erfordert [1]). Aufser dem angegebenen — über das Jodkalium und der Sauerstoffatmosphäre — giebt es noch, meint Hr. S., »einen *Haufen* Thatsachen, die gröfstentheils in dem von Hrn. F. beurtheilten Werkchen verzeichnet sind, und welche es ganz unbegreiflich machen, wie Derselbe zu dem unglücklichen Schlusse kommen konnte, dafs mein chemisches Ozon dampfförmige phosphorige Säure sey.« Zu diesem Haufen von Thatsachen gehört: dafs die phosphorige Säure leicht löslich im Wasser ist, während das sogenannte Ozon Wochen lang in verschlossenen Gefäfsen mit Wasser in Berührung den Geruch behält; dafs eine geringe Menge Wasser, durch welches Ozon geleitet wurde, das Lackmuspapier nicht röthet (?); dafs das Ozon ebenfalls Lackmus nicht röthet, aber mit grofser Energie die Pflanzenfarben zerstört. (Bei dieser Gelegenheit bemerkt Hr. S., dafs ich diese Bleichkraft in meiner Kritik nicht berührt habe, und fügt hinzu: »es mochte Demselben für seine Hypothese etwas unbequem seyn, und es war so leicht sich zu überzeugen, dafs die phosphorige Säure keine organischen Stoffe zu zerstören vermöge).« Ferner gehört zu diesen Thatsachen, dafs das Ozon Jod in Jodsäure und Jodkalium in jodsaures Kali verwandelt, ohne dafs eine Spur irgend einer Phosphorsäure in das Salz eingehe. Endlich: wie könnte phosphorige Säure Silber oxy-

1) Man sieht den eigentlichen Grund nicht ein, warum dieses sogenannte Ozon, nachdem es nunmehr gewifs ist, dafs der Stickstoff keinen Antheil an seiner Erzeugung hat, und es nichts anderes als ein Hyperoxyd des Wasserstoffs ist, nicht eben so gut durch Einwirkung der (wasserhaltigen) Sauerstoffluft, wie der der atmosphärischen Luft auf Phosphor gebildet werden könne.

diren, ohne irgend eine Spur Phosphor in der Verbindung aufzufinden, wie Marignac dargethan.

Dagegen mufs zunächst bemerkt werden, dafs ich streng nur angegeben habe, die bezeichnete Wirkung der Phosphoratmosphäre sey die *einer Säure* des Phosphors, hinzufügend, dafs sie entweder phosphorige oder unterphosphorige seyn könne, welche aber unter den obwaltenden Umständen nicht, wie gewöhnlich, in flüssigem, sondern in gasförmigem Zustand dargestellt werde, wodurch sie natürlich anders als die gewöhnliche auf bestimmte Körper wirken werde. (In einer Anmerkung äufserte ich noch, dafs man auch annehmen könne, es werde unter diesen Umständen eine Stickoxydphosphorsäure — ähnlich wie eine solche Schwefelsäure — gebildet werden. Diese Anmerkung wurde jedoch von dem Abschreiber meiner Schrift übersehen, und als ich sie, nachdem ich es erfuhr, abschriftlich an Hrn. Prof. Dove in Berlin für die Redaction der Jahrbücher zusandte, war es schon zu spät, da meine Beurtheilung bereits gedruckt war.) Von welchem Einflufs übrigens die verschiedenen Umstände, unter welchen das Oxydiren des Phosphors bei niedriger Temperatur erfolgt, auf die Natur des Productes ist, geht auch aus einem Versuche von Williamson hervor (Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 54, S. 131 u. f.), nach welchem unter den obwaltenden Umständen nur Phosphorsäure erzeugt worden ist, da bei gewöhnlicher Einwirkung der Luft neben dieser *zugleich* phosphorige, ja unter besonderen Umständen, wie ich bei einer anderen Gelegenheit darthun werde, sogar *nur* phosphorige Säure gebildet wird. Wenn ich nun auch mit dem Angegebenen alle sonstigen Verschiedenheiten in dem Verhalten der Phosphoratmosphäre und den gewöhnlich dargestellten Säuren des Phosphors zu erklären vermag, so müfste ich dennoch eingestehen, dafs unter den obwaltenden Umständen neben der Sauerstoffverbindung des Phosphors noch eine ganz andere Sub-

stanz erzeugt werde, wenn diese Phosphoratmosphäre wirklich Jod in Jodsäure, Jodkalium in jodsaures Kali und Silber in Oxyd zu verwandeln im Stande wäre, ohne dafs diese Producte Phosphor enthielten, woran ich aber vorläufig noch zu zweifeln mir erlaube.

Der Grund, warum ich in der Beurtheilung nichts vom Bleichen der Pflanzenfarben erwähnt habe, ist nicht der von S. mir untergelegte, sondern folgender: Hr. S. sagt ausdrücklich in der beurtheilten Schrift (S. 94): »Enthält die Luft oder irgend eine andere Gasart so wenig freies Ozon, dafs die Gegenwart desselben weder durch das Galvanometer, noch auch durch den Geruch mehr angezeigt wird, so bläut sie dennoch merklich mein Probepapier.« Und führt als Beweis für die Empfindlichkeit desselben einen Versuch an, nach welchem dieses Papier in einer kleinen Flasche mit atmosphärischer Luft, worin ein Stückchen Phosphor bei 15° sich befindet, schon nach wenigen Minuten sich zu bläuen anfängt, »in welchem Falle die Menge des freien Ozons noch so aufserordentlich klein ist, dafs es durch kein anderes Mittel dargethan werden könnte.« Es war daher natürlich, dafs ich über das Bleichen keine sorgfältigeren Versuche anzustellen brauchte, und die Resultate aus den wenigen darüber angestellten, welche den Angaben von der Bleichkraft der Phosphoratmosphäre nicht entsprechen, mit Stillschweigen überging. Ich hatte nämlich bei diesen Versuchen nur das Röthen, aber nicht das Bleichen des Lackmuspapiers wahrgenommen, glaubte aber in sofern darin keinen Widerspruch mit den Angaben von Hrn. S. annehmen zu können, weil ich meine Versuche, wie angegeben, nur in kleinen Flaschen, S. aber in grofsen Ballons angestellt hat. Wie ich dann in der Folge bei den Versuchen über das Leuchten des Phosphors in der That ein solches Bleichen wahrgenommen habe, wenn der Versuch unter günstigen Umständen in einer grofsen Flasche angestellt worden war, worüber

an einem anderen Ort das Nähere angegeben werden soll. Die Unrichtigkeit meiner Ansicht über den elektrischen Geruch glaubt Hr. S. durch die einfache Thatsache darzuthun, dafs der Geruch nach *merklicher Zeit* noch fortdauert. Dem ist aber nicht also. Grofse Flaschen, in welche die Elektricität so lange einströmte, bis der Geruch sehr stark war, und die rasch verschlossen worden sind, hatten nach sehr kurzer Zeit allen Geruch verloren.

Ich gönne Hrn. S. gern die Beruhigung, die er am Schlusse seiner Beleuchtung in der Versicherung zu haben scheint, dafs wenn ihm seine eigenen neueren Versuche nicht die Grundlosigkeit seiner früheren Ansicht über das Ozon als Bestandtheil des Stickstoffs dargethan hätte, meine Arbeit es nicht bewirkt haben würde, so wie in der Aeufserung: »wenn man Andern begangene Irrthümer nachweisen will, so mufs man nicht selbst in noch viel gröbere verfallen etc.« Dagegen kann ich es nicht unbemerkt lassen, dafs Hr. S. sich gewaltig irrt, wenn er meint, ich dürfte jetzt, d. h. nach dieser seiner Beleuchtung, es selbst bedauern, das Amt eines Kritikers übernommen zu haben. Dem ist ganz und gar nicht also; vielmehr freue ich mich es gethan zu haben, indem ich nach *competenten Urtheilen* den Zweck einer solchen Beurtheilung, den Werth oder Unwerth einer Schrift darzustellen, vollkommen erreicht habe.

Breslau, den 30. Juli 1845.

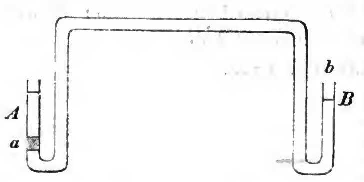
XIV. *Ueber den Einfluſs der Temperatur auf das Leitungsvermögen der Flüssigkeiten für galvanische Ströme; von C. F. Henrici.*

(Briefliche Mittheilung.)

Harste, 15. Febr. 1845.

— Erlauben Sie mir gütigst, daſs ich Ihnen eine kurze Mittheilung über einen dem von Hrn. Ohm im 11. vorigjährigen Annalenhefte, S. 403, beschriebenen ähnlichen Versuch mache, welchen ich bereits vor einigen Jahren angestellt, aber in der Hoffnung, Vollständigeres ausführen zu können, noch nicht mitgetheilt habe.

Offenbar übt die Erwärmung der Flüssigkeiten einen zwiefachen Einfluſs auf deren elektrisches Leitungsvermögen aus, indem sie einerseits ihre Dichtigkeit vermindert, andererseits ihre Zersetzbarkeit steigert. Es fragt sich also, welche von diesen beiden, in der fraglichen Beziehung einander entgegenstrebenden Wirkungen das Uebergewicht habe. Der Versuch, den ich zur Beantwortung dieser Frage unternahm, wurde mit einer vier-Mal gebogenen, 30 Centim. langen und 8 Millim. weiten Glasröhre in folgengender Weise angestellt. In den Schenkel *A* wurde ein festschlieſsender Markpfropfen *a* hinabgeschoben, und sodann



der Raum über *a* mit Kupfervitriollösung, der Raum von *a* bis *b* mit Wasser, dem sehr wenig Schwefelsäure zugesetzt worden, gefüllt. In den Schenkel *A* wurde ein Kupferdraht, in den Schenkel *B* ein Eisendraht gesenkt; die Polarisation war also möglichst ausgeschlossen. Der

mittlere horizontale Theil der Röhre wurde in einen mit Lehm ausgefütterten Halbcylinder von Blech eingedrückt, und unter diesem eine Weingeistflamme angebracht. Die beiden Drähte waren durch ein Galvanometer mit einander verbunden.

Der Strom dieser Kette war von einer ungewöhnlichen Constanz; die Galvanometernadel änderte ihren Stand während mehrer Stunden nicht um $\frac{1}{10}$ Grad. Es konnte also zur Erwärmung geschritten werden. Sobald diese merklich wurde, stellte sich eine sehr langsame Zunahme der Ablenkung ein, und als ein angebrachtes Thermometer von 17° auf 80° gestiegen war, war die Galvanometernadel von 38° auf 41° fortgerückt. Hierauf wurde die Lampe fortgenommen und der Apparat sich selbst überlassen. Die Abkühlung bis zu der ursprünglichen Temperatur geschah sehr allmälig; als diese eingetreten war, stand die Nadel auf 39°. Es hatte mithin die Leitfähigkeit der Flüssigkeit durch die Erwärmung derselben eine bleibende Erhöhung erlangt, was wohl ohne Zweifel der eben dadurch bewirkten Austreibung der in der Flüssigkeit gelösten atmosphärischen Gase, welche sich in ziemlich zahlreichen kleinen Bläschen entwickelten, zuzuschreiben ist. Die späteren Versuche ergaben sämmtlich eine Steigerung der Ablenkung um 2° mit völliger Rückkehr der Nadel auf den Ausgangspunkt. Eine Verminderung der Ablenkung um 2° erfolgte dagegen, als ich nach eingetretener Abkühlung eine mit Kupfervitriollösung gefüllte und mit kupfernen Elektroden versehene Glasröhre von $12\frac{1}{2}$ Centim. Länge und $5\frac{1}{2}$ Millim. Weite in den Leitungsbogen einschaltete. Eine nun folgende Erwärmung auf 80° vergröſserte die Ablenkung wieder um 2°.

Obgleich sich auf die Ergebnisse dieses Versuchs keine eigentliche Berechnung gründen läſst, so habe ich doch mit einiger Wahrscheinlichkeit daraus schlieſsen zu dürfen geglaubt, daſs das Leitungsvermögen der angewand-

ten Flüssigkeit durch deren Erwärmung von 17° bis 80° C. kaum auf das Anderthalbfache ihres Betrags bei der ersten Temperatur gesteigert worden sey.

XV. *Regenmenge in verschiedenen Höhen über dem Boden.*

Um dem Einwurf zu begegnen, als hätten bei seinen früheren Messungen auf dem Museum und dem Münster zu York (Ann., Bd. 33, S. 215; Bd. 38, S. 235, und Bd. 43, S. 422) diese Gebäude durch Abänderung der Windesrichtung und andere örtliche Einflüsse die mit der Höhe eingetretene Abnahme der Regenmenge herbeigeführt oder vergröfsert, hat Hr. Phillips fünf registrirende Regenmesser gänzlich entfernt von Gebäuden in freier Luft errichtet und mehre Jahre hindurch beobachtet. Die Auffanggefäfse, denen er nach vielfältiger Erfahrung vorgezogen hatte eine Trichtergestalt zu geben, befanden sich in verschiedener Höhe über dem Boden, die Behälter zum Sammeln des Wassers dagegen unmittelbar auf diesem. Vom 9. Jan. bis zum 14. Oct. 1843 und dann vom 1. Jan. bis 2. Sept. 1844 lieferten diese Instrumente folgende Resultate:

Höhe über dem Boden. Fufs.	Regenmenge. 1843. Zoll.	1844. Zoll.	Summe. Zoll.
24	14,618	9,540	24,158
12	15,419	10,620	26,039
6	15,549	10,640	26,189
3	15,608	10,690	26,298
$1\frac{1}{2}$	15,619	10,940	26,559.

Diese Resultate bestätigen also in der Hauptsache die früheren; indefs glaubt Hr. Ph. sich jedes Kommentars enthalten zu müssen, da er beabsichtigt die Beobachtungen vermannichfaltigt fortzusetzen. (*Report of the fourteenth Meeting of the British Assoc. etc., held at York, Sept.* 1844. *Notices p.* 21.)

1845. ANNALEN №. 10.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXVI.

I. *Ueber das Absorptionsvermögen des Bluts für Sauerstoff; von G. Magnus.*

Es giebt nicht leicht eine Erscheinung, die uns näher betrifft als der Vorgang der Respiration. Alle Geschöpfe, Pflanzen und Thiere athmen, und wir selbst verrichten dieses Geschäft von dem Augenblicke wo wir das Tageslicht erblicken, unwillkührlich bis an das Ziel unseres Lebens bei Tag und bei Nacht. Dennoch gehört gerade diese Erscheinung, so einfach sie auch seyn mag, so leicht sie auch zugänglich für die Untersuchung erscheint, keineswegs zu den bekannten. Man weifs wohl, dafs der Organismus bei der Respiration den einen Bestandtheil der Atmosphäre, das Sauerstoffgas oder die sogenannte Lebensluft, aufnimmt, und dafs er dabei sich eines grofsen Theils der genossenen Nahrung in der Form von Kohlensäure wieder entledigt. Allein nicht nur, dafs man über die einzelnen chemischen Vorgänge, welche hierbei stattfinden, völlig im Unklaren ist, sondern sogar über den Ort, wo die Ausscheidung der Kohlensäure vor sich geht, ist man zweifelhaft, und noch mehr über den eigentlichen Procefs, der dieselbe bewirkt. Zwar sind die Lungen immer der Heerd für den Austausch der Gasarten, ob aber die Kohlensäure in ihnen oder in den überall im Körper befindlichen Capillargefäfsen erzeugt werde, und ob das Sauerstoffgas in jenen oder in diesen seine chemische Wirkung ausübe, darüber herrschten bis vor Kurzem, und herrschen zum Theil noch jetzt, die widersprechendsten Ansichten.

Die Naturwissenschaften sind freilich noch aufserordentlich jung, kaum wenige Decennien sind vorüber

seitdem man das Verhalten der Dämpfe und Gase, so wie die damit im nächsten Zusammenhange stehenden Erscheinungen der Absorptionen kennt. Wenn man auch glauben sollte, dafs diese Zeit wohl hinreichend gewesen sey, um entscheidende Untersuchungen über einen so wichtigen Gegenstand anzustellen, so darf doch nicht aufser Acht bleiben, dafs das Blut, welches als Träger für die Aufnahme und Abgabe der Gasarten dient, eine höchst zusammengesetzte und keineswegs bekannte Flüssigkeit ist, dafs Versuche über das Verhalten organischer Flüssigkeiten gegen Gasarten überhaupt gänzlich fehlen, und endlich dafs die sogenannten Blutkörperchen, die aus einer membranösen Hülle bestehen, welche Flüssigkeit und vorzugsweise den sogenannten Farbstoff eingeschlossen enthält, offenbar eine eigenthümliche, aber noch nicht ermittelte Rolle bei diesem Vorgange spielen. Daher kommt es, dafs die widersprechendsten Resultate bei den Untersuchungen mit dem Blute erhalten worden sind.

Weit entfernt dieselben hier aufzuzählen, will ich mich darauf beschränken, die verschiedenen Ansichten anzuführen, welche über den Vorgang der Respiration aus ihnen hervorgegangen sind. Dieselben lassen sich unter folgende Gesichtspunkte zusammenfassen.

1) Die ältere, von Lavoisier herrührende, nach welcher der eingeathmete Sauerstoff sich mit einem Theile des Kohlenstoffs des Blutes in den Lungen verbindet und als Kohlensäure mit der ausgeathmeten Luft sogleich wieder entweicht.

2) Die, nach welcher neue chemische Verbindungen durch den eingeathmeten Sauerstoff in den Lungen entstehen, aber alsdann erst in den Capillargefäfsen durch Aufnahme von Kohlenstoff und Wasserstoff in andere Verbindungen übergehen und mit dem venösen Blute in die Lungen zurückgelangen, um dort durch die Aufnahme von Sauerstoff so zerlegt zu werden, dafs sie als Kohlensäure und Wasser sich ausscheiden.

3) Die, nach welcher das Sauerstoffgas zwar mit dem Blute in den Lungen eine chemische Verbindung eingeht, die indefs in den Capillargefäfsen zersetzt wird, dort Wasser und Kohlensäure oder letztere allein erzeugt, welche, ohne sich chemisch mit dem Blute zu verbinden, von diesem absorbirt und nach den Lungen geführt wird, wo sie bei Berührung mit der Luft entweicht; und

4) die, nach welcher der eingeathmete Sauerstoff sich nicht chemisch mit dem Blute verbindet, sondern nur absorbirt wird, und so in die Capillargefäfse gelangt, wo er, zur Oxydation gewisser Substanzen verwendet, diese in Kohlensäure, vielleicht auch in Wasser umwandelt. Die entstandene Kohlensäure wird dann statt des Sauerstoffs von dem Blute absorbirt, und gelangt mit diesem in die Lungen zurück, um bei Berührung mit der atmosphärischen Luft ausgeschieden zu werden; worauf eine neue Quantität von Sauerstoff statt ihrer absorbirt wird und dieselben Veränderungen durchmacht.

Die beiden ersteren Ansichten, welche man, im Gegensatze zu den folgenden, die chemischen nennen könnte, stützen sich besonders darauf, dafs man früher keine Luft, weder Sauerstoff noch Kohlensäure, in dem Blute hatte auffinden können.

Wenn diese in der That nicht darin vorhanden wären, so folgte freilich unmittelbar, dafs das Sauerstoffgas, sobald es mit dem Blute in Berührung kommt, sich sogleich chemisch mit ihm verbindet. Und hiervon sind nicht nur alle älteren, über das Athmen aufgestellte Theorien ausgegangen, sondern sie gehen, wie z. B. die, welche Hr. Mulder in seiner vor Kurzem erschienenen Abhandlung [1]) über die Oxydationsproducte des Proteins giebt, zum Theil noch jetzt davon aus. Dergleichen sind zu allen Zeiten eine nicht unbedeutende Anzahl aufgestellt worden, da man jeden, in dem Blute auf-

1) Ann. der Pharmacie, von Liebig und Wöhler, Bd. 47, S. 326.

gefundenen, leicht oxydirbaren Stoff als Grundlage einer neuen Athmungstheorie benutzt hat.

Es lassen sich indefs einige nicht unbedeutende Gründe anführen, die entschieden gegen eine in den Lungen vor sich gehende unmittelbare Verbindung des Bluts mit dem Sauerstoff sprechen. Da nämlich bei jedem Oxydationsprocesse wie bei jedem chemischen Processe Wärme erzeugt wird, so müfsten die Lungen wärmer als der ganze übrige Körper seyn, was durchaus nicht der Fall ist. Diefs ist schon mehrfach als Einwand gegen die Oxydation des Blutes in den Lungen hervorgehoben worden. Aber man kann aufserdem noch Folgendes anführen:

Das Blut, das in den Lungen durch Aufnahme von Sauerstoff hellroth und arteriell geworden ist, verwandelt sich während des Kreislaufs in den Capillargefäfsen in venöses, und nimmt dabei die bekannte dunkle Farbe an. Dieselbe Farbe erhält das arterielle Blut aber auch durch blofses Schütteln mit Kohlensäure. Schon deshalb erscheint es wahrscheinlich, dafs auch die dunkle Farbe in den Capillargefäfsen durch Aufnahme dieser Gasart hervorgebracht werde, da sonst nothwendig zwei verschiedene Veranlassungen für die Farbenveränderung vorhanden seyn müfsten.

Aufserdem aber ist nicht einzusehen, wie das Blut bei der Aufnahme von Sauerstoff hellroth werden kann, da dasselbe vielmehr durch die erzeugte Kohlensäure dunkel werden müfste. Wollte man hiergegen einwenden, dafs die Quantität dieser letzteren zur Hervorbringung der dunkeln Farbe nicht ausreiche, und dafs ein Gemisch von Kohlensäure und atmosphärischer Luft das arterielle Blut nicht dunkel färbt, so mufs man andererseits bedenken, dafs nur das wirklich aufgenommene Sauerstoffgas die arterielle Färbung hervorbringt, und das übrige dabei nach jener Theorie nicht mitwirken kann, und dafs die Kohlensäure, da wo sie durch die Oxydation erzeugt wird, auch nur allein vorhanden ist, und

also auch nur wie reine Kohlensäure wirken müfste. Eben so ist schwer zu begreifen wie das Blut, wenn seine arterielle Farbe durch Oxydation erzeugt seyn sollte, durch Kohlensäure dunkel, darauf aber durch Schütteln mit Sauerstoff oder atmosphärischer Luft wieder hellroth werden und die frühere arterielle Farbe wieder annehmen kann. Denn Kohlensäure vermag nicht das Blut zu desoxydiren, und wie soll man sich vorstellen, dafs das einmal oxydirte Blut, ohne desoxydirt zu seyn, zum zweiten und zum dritten Male, und so oft man will wieder oxydirt werden könne? Dieser Einwand scheint so wichtig, dafs er genügend seyn möchte, um eine jede Theorie zu widerlegen, welche eine chemische Vereinigung des Sauerstoffs mit dem Blute voraussetzt.

Nachdem jedoch die Versuche über das Athmen von Thieren in Gasarten, welche kein Sauerstoff enthalten, und die zu verschiedenen Zeiten von H. Davy [1]), Coutanceau und Nysten [2]), Edwards [3]), Collard de Martigny [4]), besonders aber von J. Müller und Bergemann [5]), so wie von Th. Bischoff [6]) angestellt worden sind, dargethan hatten, dafs mindestens nicht alle ausgeathmete Kohlensäure unmittelbar durch Oxydation erzeugt werde; und nachdem endlich durch Stevens [7]), Hoffmann [8]), Reid Canny [9]), Th. Bischoff [10]), van Entschut [11]) und mir [12]) auf di-

1) Gilbert's Annalen, Bd. 19, S. 308.
2) Meckel's Archiv für Physiologie, Bd. 3, S. 254.
3) *De l'influence des agens physiques sur la vie*, *p.* 444.
4) Magendie, *Journ. de Physiologie*, *X*, *p.* 233.
5) J. Müller, Handbuch der Physiologie, Edit. IV; Tom. I, p. 257.
6) *Commentatio de novis quibusdam experimentis chemico physiologicis*, *p.* 22.
7) *Philosoph. Transactions.* 1835, *P. II*, *p.* 348.
8) *London medical gazette*, *April* 1833.
9) *The Lancet.*, *May* 1833.
10) A. a. O.
11) *Dissertatio de respirationis chymismo*, *p.* 105.
12) Diese Annalen, Bd. 40, S. 583.

rectem Wege Kohlensäure als fertig gebildet im Blute nachgewiesen war, wurde es wahrscheinlich, dafs die Bildung der Kohlensäure nicht in den Lungen, sondern in den Capillargefäfsen statt habe, und man konnte deshalb die erwähnte dritte Ansichten über den Vorgang der Respiration aufstellen, nämlich: dafs das Sauerstoffgas zwar mit dem Blute in den Lungen eine chemische Verbindung eingehe, die aber in den Capillargefäfsen zersetzt wird, dort Wasser und Kohlensäure oder letztere allein erzeugt, welche, ohne sich chemisch mit dem Blute zu verbinden, von diesem absorbirt und nach den Lungen geführt wird, wo sie bei Berührung mit der Luft entweicht.

Mit dieser Ansicht wäre allerdings die Schwierigkeit fortgefallen, welche oben schon erwähnt ist; dafs noch eine andere Ursache als die Aufnahme von Kohlensäure das Blut müfste schwarz färben. Im Uebrigen aber war kein Grund vorhanden, welcher nöthigte dieselbe anzunehmen; denn selbst wenn die Kohlensäure in den Lungen erzeugt würde, wäre es auffallend, wenn das Blut keine Kohlensäure absorbirt enthielte, da es mit dieser Gasart fortwährend in Berührung ist. Deshalb bedurfte es noch anderer Beweise, um behaupten zu können, dafs die Kohlensäure nicht in den Lungen, sondern nur in den Capillargefäfsen entstehe.

Geht man von Dalton's bekannten Gesetzen für die Absorption aus, und sieht man ab von den Modificationen, welche sie im vorliegenden Falle dadurch erleiden möchten, dafs das Blut mit der Luft in den Lungen nicht unmittelbar, sondern nur durch die Membranen der Lungenzellen in Berührung kommt, so kann die Abgabe der Kohlensäure von zwei ganz verschiedenen Gründen herrühren. Es wäre nämlich 1) möglich, wenn das Blut in den Lungen oxydirt wird, dafs das oxydirte Blut ein viel geringeres Absorptionsvermögen für Kohlensäure besäfse als das nicht oxydirte, so dafs die Kohlensäure,

unter welchem Drucke sie sich auch in den Lungen befinden möchte, durch die chemische Veränderung des Bluts ausgeschieden würde. In diesem Falle müfste sich in dem arteriellen Blute nur wenig Kohlensäure im Vergleich zu der im venösen Blute vorfinden, und es wäre sogar möglich, dafs es gar nichts davon enthielte. Wenn aber das Absorptionsvermögen der beiden Blutarten für Kohlensäure nicht wesentlich verschieden ist, so kann die Abgabe dieser Gasart nur 2) davon herrühren, dafs das venöse Blut in den Capillargefäfsen mehr davon aufnimmt, als es unter dem in den Lungen vorhandenen Druck enthalten kann.

Man wende hiergegen nicht ein, dafs alsdann bei einem Aderlafs Kohlensäure entweichen müfste, und dafs man diefs nicht beobachtet habe. Es ist dennoch in der That der Fall, nur ist die Quantität des entweichenden Gases sehr gering, weil, wie später gezeigt werden wird, selbst in den Lungen nicht viel Kohlensäure im Verhältnifs zum Blut entweicht, und weil, um auch nur diese zu erhalten, eine noch mannichfaltigere Berührung mit der Luft erforderlich ist, als bei einem Aderlasse statt hat.

Entweicht aber in den Lungen nur der Ueberschufs von Kohlensäure, welcher durch den dort vorhandenen Druck nicht zurückgehalten wird, so mufs das arterielle Blut noch den ganzen Rest enthalten. In beiden Blutarten mufs dann Kohlensäure nachgewiesen werden können. Diefs ist auch geschehen, durch mich in einer früheren Arbeit und unabhängig von mir durch van Entschut. Allein selbst dieser Nachweis genügt nicht, um zu zeigen, dafs die vorhandene Kohlensäure in den Capillargefäfsen erzeugt sey. Denn wenn beide Blutarten Kohlensäure absorbiren können, so würde dieselbe, auch wenn sie in den Lungen erzeugt ist, von beiden aufgenommen werden. Allein wenn sie in den Capillargefäfsen erzeugt seyn sollte, so müfste im arteriellen weniger als im venösen enthalten seyn.

Auch diefs will van Entschut bei seinen Versuchen gefunden haben. Indefs waren die Quantitäten dieses Gases, die er überhaupt aus dem Blute abgeschieden hat, nur gering, besonders im Vergleich zu denen, welche mir aus dem Blute abzuscheiden gelungen war. Wenn indefs bei seinen Versuchen stets genau auf dieselbe Weise verfahren worden ist, so mögen die erhaltenen Mengen den wirklich im Blute vorhandenen proportional seyn. Mir war es nicht möglich alle Versuche in gleicher Zeit zu vollenden, das Blut bei allen genau auf dieselbe Weise zu behandeln, und was sonst nothwendig ist, um diese Proportionalität zu erlangen, weil verschiedene Nebenumstände, und namentlich die Zeit, welche verging bis der Schaum des Bluts sich setzte, die Ausführung der Versuche bedingten. Ich habe deshalb auf eine andere Weise zu zeigen gesucht, dafs die Quantität der absorbirten Kohlensäure im arteriellen Blute geringer als im venösen sey.

Es war mir nämlich gelungen mittelst der Luftpumpe Sauerstoffgas in beiden Blutarten nachzuweisen.

Anderen neueren Beobachtern war diefs nicht geglückt, weder Th. Bischoff, noch van Entschut konnten dasselbe auffinden, wiewohl der Letztere erhöhte Temperatur, den luftleeren Raum und Wasserstoff dafür anwandte. Stevens und Hoffmann behaupten zwar, dafs Sauerstoff im arteriellen Blute sey, allein sie haben es nicht darin nachgewiesen. Die Quantitäten, welche ich abscheiden konnte, waren ebenfalls nur gering, und es wäre deshalb wohl möglich gewesen, dafs der absorbirte Antheil dieser Gasart keine Rolle bei der Respiration spielte, zumal, wie schon erwähnt, auch im Venenblut sich Sauerstoff vorfand. Indessen gestattete die Auffindung von Sauerstoff im Blute noch die erwähnte vierte Ansicht von dem Vorgange beim Athmen zu haben, nämlich dafs der eingeathmete Sauerstoff sich nicht chemisch mit dem Blute verbinde, sondern nur absorbirt

werde, und so in die Capillargefäfse gelange, wo er, zur Oxydation gewisser Substanzen verwendet, diese in Kohlensäure, vielleicht auch in Wasser umwandelt; dafs die Kohlensäure dann statt des Sauerstoffs von dem Blute absorbirt werde und mit diesem in die Lungen zurückgelange, um bei Berührung mit der atmosphärischen Luft ausgeschieden zu werden; worauf eine neue Quantität von Sauerstoff statt ihrer absorbirt wird und dieselben Veränderungen durchmacht.

Ist diese Ansicht richtig, so mufs das arterielle Blut mehr Sauerstoff absorbirt enthalten als das venöse, und weniger Kohlensäure als dieses. Und da alle Versuche darin übereinstimmen, dafs die ausgeathmete Kohlensäure sehr nahe dem Volumen des aufgenommenen Sauerstoffs gleich ist, so müfste im venösen Blut ein Theil des Sauerstoffs durch ein fast gleiches Volumen Kohlensäure ersetzt seyn.

Wollte man diefs zeigen, so hätte man die ganzen Quantitäten von Sauerstoff und Kohlensäure, die in jeder Blutart enthalten sind, abscheiden müssen, was nicht möglich war. Allein wenn in dem venösen Blute das Sauerstoffgas durch ein gleiches Volumen von Kohlensäure ersetzt ist, so ist auch das Verhältnifs beider Gase in jeder von beiden Blutarten ein anderes. Ich bemühte mich deshalb diefs Verhältnifs zu prüfen. Mittelst der Luftpumpe wurde sowohl aus venösem als aus arteriellem Blute verschiedener Thiere eine unbestimmte Quantität von Luft aufgefangen und untersucht, und nachdem bei mehrfach angestellten Versuchen der Art der Sauerstoff in der vom venösen Blute erhaltenen Luft höchstens $\frac{1}{4}$, oft nur $\frac{1}{5}$ von der darin gefundenen Kohlensäure betrug, während er im arteriellen Blute wenigstens $\frac{1}{3}$ und fast die Hälfte derselben ausmachte, glaubte ich, wiewohl die ganze im Blute enthaltene Quantität dieser Gase unbekannt blieb, als bewiesen ansehen zu können, dafs die Absorption wesentlich bei der Respiration mitwirke, so dafs diese,

wenn nicht ganz, doch wenigstens theilweise auf der Absorption beruht.

Diefs habe ich damals noch zu bestätigen gesucht, indem ich zeigte, dafs die Quantität von Kohlensäure, welche das venöse Blut enthält, $\frac{1}{3}$ bis die Hälfte seines Volums und wohl noch mehr beträgt, und so weit es die vorhandenen Data zuliefsen darthat, dafs diese hinreichend sey, um die ganze Quantität von Kohlensäure zu liefern, welche ein erwachsener Mensch ausathmet.

Danach hat sich dann diese Ansicht, wiewohl es ihr nicht an Gegnern fehlte, wenigstens bei den ausgezeichneteren Physiologen Geltung verschafft. Vor einiger Zeit hat jedoch Hr. Gay-Lussac [1]) der Pariser Academie der Wissenschaften eine Kritik meiner schon vor 8 Jahren veröffentlichten Arbeit vorgelegt. Nach dieser Kritik, welche indefs keine neuen Versuche enthält, entbehrt die als Ergebnifs jener Arbeit aufgestellte, so eben erwähnte Theorie über den Vorgang beim Athmen, nicht nur jeder sicheren experimentellen Grundlage, sondern sie müfste gerathen oder vielmehr aus Versuchen gefolgert seyn, die gerade das Gegentheil von dem beweisen, was sie beweisen sollen.

Es sey mir erlaubt, hier auf diese Kritik etwas näher einzugehen.

Von der eben erwähnten Art der Beweisführung erwähnt Hr. Gay-Lussac kein Wort, sondern er beschränkt sich darauf, meine Versuche von Neuem zu berechnen, und führt die erhaltenen Quantitäten der Gase auf dasselbe Volumen von Blut zurück, wiewohl aus der ganzen Beschreibung jener Versuche hervorgeht, dafs dem Blute einmal mehr, das andere Mal weniger Luft entzogen worden ist, und wiewohl nach Mittheilung dieser Versuche ausdrücklich gesagt wird (Poggendorff's Ann., Bd. 40, S. 600): »Dafs übrigens die in den verschie-

1) *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, *XVIII*, *p.* 546; und *Annales de chim. et de phys.*, *III Ser.*, *XI*, *p.* 5.

denen Versuchen erhaltenen Luftmengen nicht vollständig mit einander übereinstimmen, rührt davon her, dafs man das oben beschriebene Einlassen der Luft in die aufgeschraubte Röhre nicht in allen Versuchen gleich oft wiederholen konnte, weil die Zeit verschieden war, innerhalb welcher der Schaum sich jedesmal setzte.«

Hr. G. L. macht sich selbst den Einwand, dafs dem Blute nur etwa ein Zehntheil von der Kohlensäure, die es enthält, entzogen worden sey. »Aber,« fährt er fort, »man mufs nichts destoweniger annehmen, dafs die von Hrn. M. erhaltenen Antheile von Kohlensäure den ganzen, in den verschiedenen Arten des Bluts enthaltenen Mengen proportional sind.« Auf diesem Ausspruch beruht, diefs mufs hervorgehoben werden, die ganze Schlufsfolge. Derselbe ist richtig unter der Voraussetzung, dafs die Luft dem Blute immer genau unter denselben Bedingungen entzogen worden ist. Allein aus der eben angeführten Stelle jener Abhandlung geht hervor, dafs diefs nicht geschehen konnte. Es wurde nämlich auf die Weise verfahren, dafs über dem Blut ein leerer Raum hervorgebracht wurde, die in diesen abgegebenen Gase wurden dann in ein anderes Gefäfs übergeführt, und darauf der leere Raum von Neuem hergestellt, und so mehre Male hinter einander, je nachdem es der Schaum über dem Blute gestattete. Also waren die Umstände gewifs nicht gleich, unter denen die Gase dem Blute entzogen wurden. Nun ergiebt aufserdem eine einfache Rechnung, dafs, wenn man einer Flüssigkeit mehre von ihr absorbirte Gasarten entzieht, das Verhältnifs dieser Gase zu einander für die ersten Portionen ein anderes ist, als für die späteren. Diefs weifs Niemand besser, als Hr. G. L., da er es selbst durch die Versuche nachgewiesen hat, die er sogar in der in Rede stehenden Kritik citirt, und die er mit Hrn. v. Humboldt über die Quantitäten von Sauerstoff und Stickstoff angestellt hat, welche das Wasser bei Berührung mit atmosphärischer Luft

aufnimmt. Zwar wurden bei jenen Versuchen die Gase durch Kochen aus dem Wasser entfernt, aber es ist einleuchtend, dafs dabei nichts anderes geschieht, als dafs der Druck aufgehoben wird, unter dem sie sich befinden [1]). Es ist daher nicht zu begreifen, wie Hr. G. L. behaupten kann, dafs die in den einzelnen Versuchen erhaltenen Antheile von Kohlensäure stets der ganzen im Blut enthaltenen Menge proportional seyn sollten, da dieselben bisweilen nur aus 6, gewöhnlich aber aus mehr, 10 bis 12, an denselben luftleeren Raum abgegebenen Portionen bestanden.

Aber wenn diese Proportionalität nicht stattfindet, so fällt auch das hauptsächlichste Argument der ganzen Kritik fort. Denn es hat alsdann gar keinen Sinn, die erhaltenen Quantitäten der Gase auf ein gleiches Volumen von Blut zurückzuführen.

Hr. G. L. nimmt aufserdem das Mittel aus den so berechneten Versuchen. Zwar möchte es wohl nicht angemessen seyn diefs zu thun, weil das Blut von ein und demselben Thiere zu verschiedenen Zeiten gewifs verschieden ist, besonders wenn, wie in den angestellten Versuchen, wenige Tage zuvor eine bedeutende Blutentziehung stattgefunden hat, noch mehr aber das von verschiedenen Thieren; allein abgesehen hiervon, so leuchtet ein, dafs, wenn zufällig unter den Versuchen mit venösem Blut ein Paar enthalten sind, bei denen eine geringere Quantität von Luft dem Blute entzogen wor-

1) Diese Herren fanden nämlich als sie die Luft, welche aus dem Wasser der *Seine* durch Kochen entweicht, in einzelnen Portionen auffingen, diese folgendermafsen zusammengesetzt:

Portion.	Sauerstoff.	Stickstoff.
1ste	23,7	76,3
2te	27,4	72,6
3te	30,2	69,8
4te	32,5	67,5

Journal de physique par Delamétherie, LX, p. 160; und Gilbert's Annalen, Bd. 20, S. 133.

den ist, als bei den anderen, die Summe aller Versuche mit venösem Blut eine geringere Menge von Gas, relativ zum angewandten Blut geben mufs, als die der Versuche mit arteriellem Blut. Dafs aber eine geringere Quantität der entzogenen Luft auch weniger Kohlensäure enthält, als eine gröfsere, ist einleuchtend. Die Summe von allem arteriellen Blut, das ich zu meinen Versuchen angewendet habe, Kalbsblut und Pferdeblut von verschiedenen Individuen zusammengerechnet, wie es Hr. G. L. gethan hat, beträgt 608 C. C., und das Gas, das diesem entzogen wurde, zusammen 63,4 C. C. oder 10,43 Proc. des Bluts, während die Summe des venösen Bluts 863 C. C. beträgt, dem 66,3 C. C. oder nur 7,68 Proc. entzogen worden sind. Dafs wenn man aus solchen Zahlen die Kohlensäure beider Blutarten berechnet, man im arteriellen mehr als im venösen findet, kann nicht auffallen. Aber es ist ein zufälliges Resultat, denn es hätte dem venösen Blut noch weniger oder auch noch viel mehr Luft entzogen werden können. Der Schlufs also, dafs aus diesen Versuchen hervorgeht, dafs im venösen Blut weniger Kohlensäure sey als im arteriellen, ist unrichtig, weil die Versuche weder zeigen sollten noch konnten, in welchem Verhältnifs die Gase zum angewandten Blut vorhanden sind, sondern nur, dafs im arteriellen der Sauerstoff *relativ zur Kohlensäure* mehr betrage, als im venösen. Diefs zeigen sie aber auch in der That. Denn selbst wenn man die Summe der Versuche betrachtet, wie sie Hr. G. L. berechnet hat, so findet man:

	Arterielles Blut.		Venöses Blut.	
Kohlensäure	39,5	oder 62,3 Proc.	47,5	oder 71,6 Proc.
Sauerstoff	14,7	- 23,2 -	10,1	- 15,3 -
Stickstoff	9,2	- 14,5 -	8,7	- 13,1 -
	63,4	100,0	66,3	100,0.

Dafs Hr. G. L. dieses Resultat ganz unerwähnt gelassen hat, ist um so auffallender, da in der Abhand-

lung bestimmt gesagt wird (*p.* 600): »Aus dieser Tabelle geht hervor, dafs in dem arteriellen Blute mehr Sauerstoff *im Verhältnifs zur Kohlensäure*, als im venösen enthalten ist.«

Nachdem gezeigt ist, wie es sich mit der vorausgesetzten Proportionalität verhalte, auf welcher die Kritik vorzüglich beruht, dürfen auch die übrigen Bemerkungen derselben nicht unerwähnt bleiben.

Hr. G. L. macht mir noch den Vorwurf, dafs ich die Veränderung der Farbe des venösen Blutes zum gröfsten Theil durch den Verlust von Kohlensäure erklärt hätte, der in den Lungen stattfindet. Er sagt, zwei Gründe verhinderten ihn, diese Ansicht zu theilen. Der erste, dafs es nicht nachgewiesen sey, dafs das venöse Blut Kohlensäure in den Lungen abgebe; und doch ist gerade diefs, wie schon erwähnt, dadurch bewiesen, dafs die Kohlensäure sich im venösen Blut in einem gröfseren Verhältnifs zum Sauerstoff findet, als im arteriellen. Der zweite, dafs wenn wirklich Kohlensäure in den Lungen abgegeben würde, doch noch immer ein grofser Theil im arteriellen Blute zurückbleibt, und man aus diesem Unterschied eine so merkwürdige Farbenveränderung gewifs nicht erklären könnte. Hierin stimmt gewifs Niemand mehr bei, als ich, denn in jener Abhandlung heifst es (*p.* 608), nachdem angeführt ist, dafs das Blut durch Abgeben von Kohlensäure heller wurde:

»Niemals wurde freilich durch das Entfernen der Kohlensäure das Blut so hellroth, wie arterielles ist; allein es scheint, dafs die Absorption verschiedener Gasarten auch verschiedene Farbenveränderungen hervorbringt. Es ist daher wahrscheinlich, dafs die rothe Farbe des arteriellen Bluts nicht nur von der fehlenden Kohlensäure, sondern auch von der Absorption von Sauerstoff herrührt.«

Damals war die interessante Untersuchung des Hrn. Peligot über die Wirkung des Stickoxyds auf die Ei-

senoxydulsalze noch nicht bekannt, durch welche die Ansicht, dafs Flüssigkeiten ihre Farbe durch blofse Absorption eines Gases gänzlich verändern können, in so hohem Grade bestätigt wird. Es ist nicht einzusehen, weshalb Hr. G. L. diese Ansicht von der Farbenveränderung unerwähnt läfst, und sich nur daran hält, dafs, nachdem ich beobachtet hatte, dafs das venöse Blut bei Abgabe von Kohlensäure heller werde, ich diefs als mitwirkend bei der Farbenveränderung bezeichnet habe.

Wie schon erwähnt, habe ich damals nachgewiesen, so weit es die vorhandenen Data zuliefsen, dafs die in dem Blut absorbirt enthaltene Kohlensäure hinreichend sey, um die ganze Quantität von Kohlensäure zu liefern, welche ein erwachsener Mensch ausathmet. Hr. G. L. geht nun weiter, er berechnet, gestützt auf die dort gemachten Voraussetzungen, wie viel Sauerstoff das arterielle Blut absorbirt enthalten müsse.

Er ist dabei der Ansicht, dafs dasselbe nicht nur ein der ausgeathmeten Kohlensäure gleiches Volumen Sauerstoff besitzen dürfe, das zur Erzeugung der Kohlensäure verwendet wird, sondern aufserdem noch ein Drittheil mehr, um das ausgeathmete Wasser zu erzeugen; woraus folgen würde, dafs stets ein Drittheil mehr Sauerstoff eingeathmet, als Kohlensäure ausgeathmet wird, was allen über Respiration angestellten Versuchen widerspricht.

Offenbar ist dabei aufser Acht gelassen, dafs die in den Capillargefäfsen ausgeschiedenen Substanzen nicht allein aus Kohlenstoff und Wasserstoff zu bestehen brauchen, sondern auch Sauerstoff enthalten können. Die Zusammensetzung der ausgeathmeten und eingeathmeten Luft zeigt bestimmt, dafs diese Substanzen das Sauerstoff noch in hinreichender Menge enthalten, um mit dem Wasserstoff Wasser zu bilden, wenn diefs nicht schon als solches in den Capillargefäfsen ausgeschieden wird.

Bei einer zweiten, auf verschiedenen Voraussetzungen beruhenden Rechnung gelangt Hr. G. L. zu dem Re-

sultat, dafs das venöse Blut 13 Proc. seines Volums an Kohlensäure bei dem Athmen abgebe, und damit diefs möglich sey, 17 Proc. derselben enthalten müsse. Nichts destoweniger sagt er: »diese 17 Proc. sind das Minimum von Kohlensäure, welche das venöse Blut enthalten mufs, und da das arterielle gleichfalls Kohlensäure enthält, so ist dieses Minimum die Differenz der Quantitäten, welche die beiden Blutarten enthalten.« — Es ist unbegreiflich, wie diefs gesagt werden kann, nachdem unmittelbar vorher behauptet worden, dafs die Differenz der Kohlensäure beider Blutarten 13 Proc. als Minimum betrage, in Folge dessen 4 Proc. als Minimum im arteriellen Blut zurückbleiben würden.

Hr. G. L. gelangt durch die erste Rechnung zu dem Resultat, dafs das arterielle Blut bei Berührung mit atmosphärischer Luft 22,45 Volumprocent Sauerstoff müfste absorbiren können, oder 24,2 Mal mehr als reines Wasser unter gleichen Umständen. Eine solche Auflöslichkeit des Sauerstoffs im Blute sey nicht unmöglich, sagt Hr. G. L., aber sie hätte nachgewiesen oder wenigstens wahrscheinlich gemacht werden müssen. Ich habe mich bemüht diese Lücke auszufüllen, und will in dem Folgenden die Versuche mittheilen, welche ich zu dem Ende unternommen habe. Ich glaube aber, dafs aus dem eben Gesagten hervorgeht:

1) Dafs die von Hrn. G. L. vorausgesetzte Proportionalität zwischen den bei meinen Versuchen erhaltenen Antheilen von Kohlensäure und den ganzen in den verschiedenen Arten des Bluts enthaltenen Mengen dieser Gasart nicht stattfindet, und dafs deshalb das Resultat, welches Hr. G. L. aus den Versuchen gezogen hat, unzulässig ist.

2) Dafs aus jenen Versuchen unverändert sich ergiebt, dafs die absorbirte Kohlensäure eine Rolle bei der Respiration spiele, da sie zeigen, dafs dieselbe im ve-

venösen Blut sich in einem gröfseren Verhältnifs zum Sauerstoff findet, als im arteriellen.

3) Dafs die Berechnungen, welche Hr. G. L. über die im Blute enthaltenen Mengen von Kohlensäure und Sauerstoff angestellt hat, nicht als richtig betrachtet werden können.

Am Schlusse seiner Kritik führt Hr. Gay-Lussac noch einen Versuch von Hrn. Magendie an, welcher die von mir aufgestellte Ansicht über die Respiration noch von Neuem bestätigt, da er zeigt, dafs im venösen Blute auch relativ zum Blute mehr Kohlensäure absorbirt enthalten ist, als im arteriellen, denn im ersteren fanden sich 78 Proc. und im letzteren nur 66 Proc. dieser Gasart.

Wenden wir uns nun zur Ermittlung des Absorptionsvermögens des Bluts für Sauerstoff.

Da das Blut, sowohl das arterielle, als auch das venöse, schon Sauerstoff absorbirt enthält, so läfst sich das Absorptionsvermögen dadurch nicht bestimmen, dafs man das Volumen des Gases mifst, welches das Blut noch aufzunehmen vermag. Wenn aber die Absorption dem bekannten Henry'schen oder Dalton'schen Gesetze folgt, wenn namentlich stets dasselbe Volumen dieses Gases vom Blute absorbirt wird, welches auch der Druck ist, unter dem sich das Gas befindet, so giebt es ein einfaches Mittel zur Bestimmung des Absorptionscoëfficienten. Diesen Ausdruck gebrauche ich für das constante Volumen des unter verschiedenem Drucke absorbirten Gases, bezogen auf das Volumen der absorbirenden Flüssigkeit als Einheit.

Es ist nämlich nur nöthig das Blut mit dem Gase, dessen Absorptionscoëfficient bestimmt werden soll, in Berührung zu bringen, und den Druck zu beobachten, unter dem das, nach vollendeter Absorption zurückbleibende Gas sich befindet. Bringt man sodann die Flüssigkeit in einen mit einer anderen Gasart gefüllten Raum,

so wird von dem absorbirten Gase in diesen Raum entweichen, und es wird schliefslich zwar dasselbe Volumen Gas absorbirt seyn, aber diefs wird sich nur unter dem Drucke befinden, den das in jenen Raum getretene Gas ausübt. Bestimmt man nun die Quantität dieses letzteren, so kann man leicht das Volumen des absorbirten Antheils oder den Absorptionscoëfficienten berechnen.

Es bezeichne α diesen Coëfficienten, und p den Druck, unter dem das Gas ursprünglich absorbirt wurde, so ist die Quantität des absorbirten Gases, gemessen durch das Volumen der Flüssigkeit als Einheit, und unter der Einheit des Drucks $=\alpha p$. Es sey ferner der mit einer zweiten Gasart gefüllte oder auch luftleere Raum über der Flüssigkeit $=R$, und der Druck, den das an denselben von der Flüssigkeit abgegebene Gas ausübt, $=p_{,}$, so dafs die Quantität dieses Gases $=Rp_{,}$ ist; so steht, nach dem Dalton'schen Gesetze das absorbirt gebliebene Volumen $=\alpha$ ebenfalls unter dem Drucke $p_{,}$, es nimmt folglich αp jetzt den Raum $\alpha+R$ unter dem Drucke $p_{,}$ ein, und man hat sonach:

$$(\alpha+R)p_{,}=\alpha p\,,$$

woraus sich ergiebt:

$$\alpha=\frac{Rp_{,}}{p-p_{,}}.$$

Diese Methode ist ganz allgemein anwendbar, und sie gestattet sogar die gleichzeitige Bestimmung mehrer Absorptionscoëfficienten derselben Flüssigkeit für verschiedene Gasarten.

Bei dem Blute habe ich dieselbe auf folgende Weise auszuführen gesucht.

Das Blut wurde anhaltend mit atmosphärischer Luft geschüttelt, und diese immer wieder erneut, so dafs man annehmen konnte, Sauerstoff und Stickgas seyen unter dem Drucke absorbirt, unter welchem sich jedes derselben in der Atmosphäre befindet. Darauf wurde das Blut in ein Gefäfs gebracht, das an einem Ende durch einen

eisernen Hahn und an dem andern durch einen eingeriebenen Stöpsel verschlossen und übrigens ganz mit Quecksilber gefüllt war. Dann wurde der Stöpsel unter Quecksilber geöffnet, Kohlensäure eingeleitet und das Quecksilber verdrängt. Danach wurde die Oeffnung, die stets unter Quecksilber war, wieder mit dem Stöpsel verschlossen, das Gefäſs herausgehoben und anhaltend geschüttelt. — Um die Menge des entwickelten Sauerstoffs und Stickstoffs zu bestimmen, wurde hierauf ein zweites, ganz mit Quecksilber gefülltes Gefäſs, das gleichfalls mit einem eisernen Hahn verschlossen war, auf den Hahn des ersten Gefäſses aufgeschraubt und beide Hähne geöffnet. Dadurch fiel das Quecksilber aus dem oberen Gefäſse hinab, und statt dessen stieg die Luft in dasselbe hinein. Wenn die ganze Quantität sich darin angesammelt hatte, so wurden die Hähne geschlossen und das Gefäſs abgeschraubt. Darauf wurde die Kohlensäure durch kaustisches Kali absorbirt, die zurückbleibende Luft gemessen, und durch Verpuffen mit Wasserstoffgas das Sauerstoffgas bestimmt. Der Rest aber für Stickstoff genommen.

Auf diese Weise habe ich eine ziemliche Anzahl von Versuchen mit verschiedenen Blutarten angestellt. Sie haben zwar keine vollkommen übereinstimmende Zahlen geliefert, allein sie stimmen, so weit dieſs bei einer Flüssigkeit, die so verschiedenartig ist wie das Blut, erwartet werden kann. Berechnet man jedoch mit dem gefundenen Absorptionscoëfficienten die Menge von Sauerstoff, welche von dem Blute unter dem Drucke, unter dem es ihm in den Lungen dargeboten wird, absorbirt seyn könnte, so würde dieselbe nicht genügen, um die Annahme zuzulassen, daſs alles eingeathmete Sauerstoffgas absorbirt in dem Blute enthalten sey. Indessen ist der so bestimmte Absorptionscoëfficient nur richtig, wenn die Absorption von Gasen durch das Blut den Dalton'schen Gesetzen folgt; ich hatte jedoch Grund zu vermu-

then, dafs diefs nicht der Fall sey, und unternahm deshalb eine neue Reihe von Versuchen, bei welchen auf folgende Art verfahren wurde.

Das Blut wurde anhaltend mit immer erneuten Portionen atmosphärischer Luft geschüttelt, und darauf in ein übrigens ganz mit Quecksilber gefülltes Gefäfs gebracht, das mit einem eisernen Hahn verschlossen war. Dasselbe wurde auf ein zweites, gleichfalls mit einem Hahn verschlossenes Gefäfs geschraubt, welches Kohlensäure enthielt. Bei dem Oeffnen der Hähne fiel das Quecksilber herab, und es stieg Kohlensäure zum Blut. Darauf wurden die Gefäfse getrennt und das Blut anhaltend mit der Kohlensäure geschüttelt. Sodann wurde auf das Gefäfs mit dem Blut ein anderes, ganz mit Quecksilber gefülltes Gefäfs aufgeschraubt, in welchem sich das Gas ansammelte. Darauf wurde wieder auf dieselbe Weise Kohlensäure zum Blut gebracht, dasselbe von Neuem geschüttelt und das Gas sodann gleichfalls in diefs Gefäfs gebracht, und diefs Verfahren mehre Male wiederholt. Schliefslich wurde diefs so gesammelte Gas auf die vorhin erwähnte Weise untersucht. So durfte ich hoffen, wenigstens einen nicht unbedeutenden Theil der absorbirten Gase zu erhalten, da die ganze Menge nicht zu erreichen war.

Wie einfach diese Versuche auch sind, so war es anfangs doch unmöglich sie auszuführen, weil die Zeit, welche verging, bis der Schaum nach jedem Schütteln sich gesetzt hatte, so grofs war, dafs das Blut noch vor Beendigung des ganzen Versuchs sich zu zersetzen anfing. Erst später gelang es, diesem Uebelstande durch Anwendung Eines Tropfens Oel abzuhelfen, der, auf die Oberfläche des Bluts gebracht, den Schaum sehr bald verschwinden machte.

Bevor ich die Resultate mittheile, welche nach dieser Methode erhalten sind, mufs ich erwähnen, dafs jedesmal unmittelbar vor Benutzung der Kohlensäure eine

Quantität derselben in ein besonderes Gefäfs gebracht und mit Kali caust. geschüttelt wurde, um zu sehen, ob sie vollständig absorbirbar, also frei von Sauerstoff und Stickstoff sey. Man könnte aufserdem argwöhnen, dafs durch das häufige Auseinanderschrauben und Zusammensetzen der Gefäfse atmosphärische Luft in dieselben gelangt seyn möchte. Zwar waren die Kanäle der Hähne so eng, dafs das Quecksilber sie stets stempelartig füllte, aufserdem wurden die Hähne selbst vor jedem Versuch auf ihre Dichtheit geprüft, da sie ferner fast immer nach unten gehalten wurden, so war jede etwa eindringende Luftblase bei ihrem Durchgange durch das Quecksilber leicht zu erkennen; dennoch glaubte ich die Sicherheit der Methode durch einen Gegenversuch feststellen zu müssen, bei welchem statt des Bluts Wasser angewendet wurde, das zuvor anhaltend mit atmosphärischer Luft geschüttelt worden. Dabei wurden aus dem Wasser 2,35 Proc. Luft erhalten, welche aus 0,61 = 26 Proc. Sauerstoff und 1,74 = 74 Proc. Stickstoff bestand. Hr. Gay-Lussac giebt an, dafs nach seinen früheren, mit Herr v. Humboldt gemeinschaftlich angestellten Versuchen, Wasser, das mit Luft in Berührung war, $\frac{1}{36}$ oder 2,778 Proc. seines Volumens an Luft aufnimmt, welche 0,33 Proc. oder 0,926 Sauerstoff und 1,85 Stickgas enthält. Es ergiebt sich hieraus, dafs die Methode ganz brauchbar ist, und gewifs keine zu grofsen Werthe liefert.

Die mannichfaltig wiederholten Versuche, welche, nach derselben, mit Blut von Kälbern, Rindern und Pferden angestellt sind, haben ziemlich übereinstimmende Resultate gegeben, nämlich keiner weniger als 10 Proc. und keiner mehr als 12,5 Proc. Sauerstoff vom Volumen des Bluts; und keiner weniger als 1,7 Proc. und keiner mehr als 3,3 Proc. Stickgas, reducirt auf 0° Temperatur und den mittleren Barometerstand.

Das Verhältnifs, in welchem sich Sauerstoff und Stickstoff in der aus dem Blute erhaltenen Luft befinden, lie-

fert noch einen directen Beweis, dafs die Luft während der Versuche nicht von aufsen in die Gefäfse eingedrungen war; denn in diesem Falle müfsten die gefundenen Mengen beider Gase nahe in dem Verhältnifs zu einander stehen, in welchem sie in der Atmosphäre enthalten sind, während hier das Sauerstoff gewöhnlich drei, oft vier und fünf Mal mehr betrug als das Stickgas.

Wiewohl der Unterschied von 10 zu 12,5 Proc. nicht unbedeutend ist, so könnte es doch auffallend erscheinen, dafs die Versuche noch so gut mit einander übereinstimmen; zumal sie, wie schon oben bemerkt, nicht die ganze Menge der absorbirten Gase liefern, und man um so viel mehr Gas erhalten müfste, je öfter man die Kohlensäure über dem Blute erneut. Diefs ist auch in der That der Fall; allein nach drei- bis viermaliger Erneuung war die Vermehrung des Gases stets so gering, dafs sie innerhalb der Beobachtungsfehler fiel. Aufserdem sind alle Versuche unter fast gleichen Umständen ausgeführt. Gewöhnlich wurden gegen 400 C.C. Blut angewandt, und nur bei einzelnen Versuchen weniger. Zu wenig darf man nicht nehmen, sonst ist die Quantität des erhaltenen Gases zu gering. Das Volumen der Kohlensäure, welche jedesmal mit dem Blute geschüttelt wurde, betrug nie weniger als das des angewandten Bluts. Sehr viel gröfser konnte es nicht genommen werden, weil sonst die Gefäfse, wenn sie ganz mit Quecksilber gefüllt waren, sich zu schwierig handhaben liefsen und zu leicht zerbrechen konnten. Sie mufsten schon bei der jetzigen Gröfse, von etwa 700 C.C. Inhalt, aus besonders starkem Glase auf der Hütte bestellt werden. Sie haben eine hohe cylindrische Form mit engem Hals, und waren nach Cubikcentimetern eingetheilt.

Die Quantität von Sauerstoff, welche das Blut in Folge dieser Versuche zu absorbiren vermag, ist, wie später noch gezeigt werden wird, hinreichend, um annehmen zu können, dafs die ganze eingeathmete Luftmenge vom Blute absorbirt werde. Allein es war zwei-

felhaft, ob das arterielle Blut eben so viel Sauerstoff enthalte, als dieses wiederholt mit atmosphärischer Luft geschüttelte, und ob nicht die erhaltenen Quantitäten nur ein geringer Theil des wirklich aufgenommenen Sauerstoffs waren.

Um diefs zu erfahren wurden die Versuche so abgeändert, dafs das Blut zuerst mit immer neuen Quantitäten von Kohlensäure geschüttelt wurde, um alles absorbirte Sauerstoff und Stickgas zu entfernen. Darauf wurde, ähnlich wie vorhin, das Blut wiederholt mit abgemessenen Mengen atmosphärischer Luft geschüttelt und die zurückbleibende Luft wiederum gemessen, so wie ihr Gehalt an Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff auf die vorhin erwähnte Art bestimmt, wodurch sich die Menge des vom Blute aufgenommenen Sauerstoffs und Stickstoffs ergab.

Die Resultate dieser Versuche lassen noch weniger Uebereinstimmung erwarten, da es schwierig ist, alles im Blut absorbirte Sauerstoff und Stickgas durch die Behandlung mit Kohlensäure fortzuschaffen, und aufserdem die aufgenommenen Mengen dieser Gase nur sehr gering sind im Vergleich zu den angewandten, aus deren veränderter Zusammensetzung sie berechnet werden, was unvermeidlich Fehler herbeiführt. Allein es zeigen die Versuche doch, dafs die Quantität des aufgenommenen Sauerstoffs nur unbedeutend gröfser ist als die, welche man durch Schütteln mit Kohlensäure abscheiden kann, denn sie ergeben für die Aufnahme von Sauerstoff im Minimum 10 und im Maximum 16 Proc. vom Volumen des Blutes. Ich will die Resultate eines solchen Versuches hier mittheilen, um daran noch einige Bemerkungen zu knüpfen.

Kalbsblut war anhaltend mit atmosphärischer Luft geschüttelt worden; hierauf wurde es wiederholt mit Kohlensäure geschüttelt. Es gab dadurch ab 11,6 Procent Sauerstoff, absorbirte aber dagegen 154,0 Kohlensäure.

Danach wurde diefs Blut wieder mit einzelnen Por-

tionen eines abgemessenen Quantums von atmosphärischer Luft geschüttelt, und nahm dabei auf:

15,8 Sauerstoff, gab aber zugleich ab

138,4 Kohlensäure.

Endlich wurde es nochmals mit Kohlensäure geschüttelt, und gab dadurch wieder ab:

9,9 Sauerstoff, während es 92,1 Proc. Kohlensäure absorbirte.

Es geht hieraus hervor, dafs man durch Schütteln mit Kohlensäure fast die ganze Menge des von dem Blute aufgenommenen Sauerstoffs wieder abscheiden kann, was wohl der schlagendste Beweis dafür seyn möchte, dafs das Sauerstoff nicht chemisch mit dem Blute verbunden, sondern nur absorbirt in ihm enthalten ist.

Zur Abscheidung einer geringen Menge Sauerstoff ist in diesen Versuchen eine sehr bedeutende Menge Kohlensäure erforderlich gewesen, und eben so ist eine grofse Menge dieser letzteren abgeschieden, während ungleich weniger Sauerstoff absorbirt worden ist. Bei dem Athmen verhält es sich anders, indem stets nahe dasselbe Volumen Kohlensäure ausgeathmet, wie Sauerstoff aufgenommen wird. Der Grund dieser Verschiedenheit ist zunächst der, dafs das venöse Blut viel weniger Kohlensäure enthält, als das mit Kohlensäure wiederholt geschüttelte, das ich künstlich venöses Blut nennen möchte. Es läfst sich diefs schon aus der Farbe erkennen, die bei dem letzteren noch dunkler als bei venösem Blute ist, so wie aus einer Vergleichung der Quantitäten von Kohlensäure, welche bei diesen Versuchen erhalten wurden mit denen, welche aus venösem Blute bei meiner früheren Arbeit durch Wasserstoff ausgeschieden worden sind. Aufserdem mufs man berücksichtigen, dafs in den erwähnten Versuchen die Kohlensäure, sobald sie Sauerstoff aufgenommen hatte, durch reine ersetzt, und so das Blut immer mit reiner Kohlensäure in Berührung gehalten wurde, und dafs eben so bei Austreibung der

Kohlensäure immer reine atmosphärische Luft angewendet worden ist, während bei dem Athmen die Luft in den Lungen stets Kohlensäure enthält, und zwar nahe so viel als die ausgeathmete Luft, d. h. etwa 4 Procent ihres Volumens.

Endlich darf man nicht aufser Acht lassen, welche grofse Verschiedenheit zwischen dem Vorgange des Athmens und den angestellten Versuchen in sofern stattfindet, als das Blut in den Lungen nicht unmittelbar, sondern nur durch die Häute der Lungenzellen und Capillargefäfse mit der Luft in Berührung kommt, so dafs der Austausch der Gase nur mittelbar durch die Flüssigkeit geschieht, welche diese Häute erfüllt, und deshalb zugleich von dem Absorptionsvermögen dieser letzteren abhängig ist.

Man kann daher auch nicht annehmen, wie es Hr. Valentin in seinem Lehrbuche der Physiologie, S. 560, gethan hat, dafs dieser Austausch dem Diffusionsgesetze folge. Unter diesem versteht man nämlich das Gesetz, nach welchem der Austausch zweier Gase durch eine poröse Scheidewand stattfindet. Porös sind diese Häute gewifs; allein sie sind auch von Flüssigkeit erfüllt, und diese wird stets durch ihr Vermögen, die eine oder die andere Gasart in höherem Maafse aufzulösen, den Austausch abändern. Darauf beruht es unter anderem, dafs, wie schon oft beobachtet, Kohlensäure durch eine thierische Blase so viel leichter als atmosphärische Luft entweicht. Endlich aber gilt das Diffusionsgesetz nur für den Austausch zwischen zwei Gasen im gasförmigen Zustand. Bei dem Athmen findet indefs der Austausch zwischen der von dem Blute absorbirten Kohlensäure und der atmosphärischen Luft statt.

Die angeführten Versuche zeigen, dafs das Blut im Stande ist, sein ein- und einhalbfaches Volumen an Kohlensäure zu absorbiren. Ein Resultat, das auch J. Davy [1]),

1) *Edinburgh medical and surgical Journal, XXIX, p.* 253.

Mitscherlich, Gmelin und Tiedemann [1]), so wie van Entschut [2]) erhalten haben. Sie zeigen ferner, dafs es 10 bis 12½ Proc. seines Volumens an Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft aufzunehmen vermöge, also 10 bis 13 Mal mehr als Wasser unter denselben Umständen. Ob diefs die gröfsten Mengen sind, welche das Blut absorbiren kann, mufs dahin gestellt bleiben, doch ist es wahrscheinlich, dafs in den Lungen noch mehr Sauerstoff absorbirt wird. Denn die Absorption hängt unter Anderem auch von der Gröfse der Berührungsfläche zwischen der Flüssigkeit und der zu absorbirenden Gasart ab: daher war auch ein anhaltendes Schütteln bei den erwähnten Versuchen ganz unerläfslich. Bedenkt man nun, dafs in den Lungen die Capillargefäfse die mit Luft gefüllten Zellen stets berühren, und meist so eng sind, dafs nur ein Blutkörperchen nach dem andern hindurch kann, so ergiebt sich eine Mannichfaltigkeit der Berührung zwischen Luft und Blut oder den feuchten Häuten, die es umschliefsen, dafs eine solche durch Schütteln des Bluts mit einer Luftmasse nicht zu erreichen ist. — Wenn in Folge hiervon die Menge des Sauerstoffs im arteriellen Blute wohl gröfser als 10 bis 12,5 Proc. seyn kann, so ist sie andererseits wohl nicht geringer als 10 Proc.

Ich habe ein Paar Versuche nach der oben beschriebenen Methode mit arteriellem Blute von Pferden angestellt, die freilich schon sehr vorgerückt an Jahren waren. Durch das Schütteln mit Kohlensäure wurden erhalten:

Sauerstoff.	Stickstoff.
10,5	2,0
10,0	3,3

woraus hervorgeht, dafs wenigstens so grofse Quantitäten in dem arteriellen Blute des Pferdes enthalten sind.

1) Diese Annalen, Bd. 31, S. 293.

2) A. a. O.

Nimmt man an, daſs das Blut des Menschen dieselbe Menge enthalte, so fragt es sich, in wiefern ein solches Resultat in Uebereinstimmung sey mit dem was man über die Quantität von Sauerstoff weiſs, die ein Mensch in einer gegebenen Zeit verbraucht, so wie über die Menge von Blut, welche in eben dieser Zeit durch die Lungen geht.

In meiner früheren Abhandlung nahm ich für eine ähnliche Berechnung, mit J. Müller [1]), H. Davy's Angabe [2]) für die Quantität der ausgeathmeten Kohlensäure als die wahrscheinlichste an, nämlich daſs ein ausgewachsener Mensch in einer Minute 13 Par. Cubikzoll Kohlensäure aus-, also nahe eben so viel Sauerstoff einathme. Ferner ging ich, gleichfalls J. Müller folgend, davon aus, daſs 10 Pfund Blut in jeder Minute durch die Lungen gehen. Alsdann müſsten diese 10 Pfund oder etwa 250 Cubikzoll in jeder Minute 13 Kubikzoll Sauerstoff oder 5,2 Proc. aufnehmen; also etwa die Hälfte von dem, was das Pferdeblut nach den erwähnten Versuchen enthält.

Hr. Gay-Lussac berechnet in seiner Kritik die Quantität von Sauerstoff, welche das Blut aufnimmt, zu 14,97 Proc. seines Volumens. Allein er nimmt dabei, wie schon erwähnt, an, daſs das Blut ein Drittel mehr Sauerstoff aufnehme, als es Kohlensäure abgiebt. Er nimmt ferner an, daſs mit jedem Pulsschlage nur 1 Unze Blut gefördert werde, und deshalb nur etwa 5 Pfund Blut per Minute durch die Lungen gehen, während J. Müller annimmt, daſs 2 bis 3 Unzen Blut durch das Herz in die Arterien gedrückt werden. Hr. Gay-Lussac beruft sich darauf, daſs auch ich nur 1 Unze in meiner früheren Arbeit angenommen; allein dieſs geschah, um zu zeigen, daſs selbst unter dieser ungünstigsten An-

1) Handbuch der Physiologie, 4. Auflage, S. 260.

2) Gilbert's Annalen, Bd. XIX, S. 307.

nahme die aufgefundene Kohlensäure hinreiche, um die ausgeathmete Menge derselben zu erklären, doch ist ausdrücklich dabei gesagt, daſs wohl die doppelte Quantität von Blut durch die Lungen gehe. Um mich zu widerlegen, hielt sich Hr. Gay-Lussac an die Zahl, die ich nur als eine extreme Gröſse angenommen hatte, die aber in der That wohl um das Fünffache zu gering ist. Hätte Hr. Gay-Lussac nur, wie ich es auch früher gethan habe, die doppelte Menge seiner Rechnung zu Grunde gelegt, und nicht die, allen angestellten Untersuchungen widersprechende Voraussetzung gemacht, daſs ein Drittel mehr Sauerstoff aufgenommen als Kohlensäure abgegeben werde, so würde er ebenfalls zu dem Resultate gelangt seyn, daſs das Blut etwas mehr als 5 Proc. seines Volumens aufnimmt.

Als Ergebniſs der in neuerer Zeit von Brunner und Valentin [1]) ausgeführten Untersuchungen über die Quantität und Zusammensetzung der ausgeathmeten Luft, nimmt Valentin in seinem Lehrbuche der Physiologie, S. 570, an, daſs ein Mann, während er im Mittel 346,34 Proc. = 17,46 Par. Cubikzoll Kohlensäure ausathmet, 406,68 C.C. = 20,50 Par. Cubikzoll Sauerstoff pro Minute aufnimmt, was mit den älteren Beobachtungen von Allen und Pepy's [2]), so wie mit den neusten von Andral und Gaveret [3]) übereinstimmt. Aber Hr. Valentin hat auch gefunden, daſs mit jedem Herzschlage im Mittel 5,3 Unzen Blut durch die Lungen gefördert werden (ebendaselbst, S. 488), was für jede Minute 23,2 Pfund oder etwa 580 Cubikzoll giebt. Legt man diese Zahlen zu Grunde, so würde das Blut nur 3,5 Proc. seines Volumens an Sauerstoff aufnehmen.

1) Roser und Wunderlich, medicinische Vierteljahresschrift, Bd. 2, S. 372; und Valentin's Lehrbuch der Physiologie des Menschen, S. 548.

2) *Philosoph. Transactions for* 1809.

3) *Comptes rendus de l'Academie des Sciences, XVI, p.* 113.

Welche von diesen Berechnungen man nun auch zu Grunde legen möge, so sieht man, dafs das Blut nicht mehr als die Hälfte von dem Sauerstoff aufnimmt, den meine Versuche als darin vorhanden nachgewiesen haben. Dieser Antheil wird also jedesmal in den Capillargefäfsen verbraucht, und der Rest, eventuell die andere Hälfte, bleibt in dem venösen Blute.

Es scheint mir nunmehr keinem Zweifel zu unterliegen, dafs während der Respiration das Sauerstoffgas vom Blute nur absorbirt und so in die Capillargefäfse geführt wird. Man hat hiergegen eingewendet, dafs alsdann die Farbenveränderung des Bluts durch eine blofse Absorption hervorgebracht seyn müfste. Aber wenn man eine solche schon bei ganz homogenen Flüssigkeiten, wie z. B. bei den Auflösungen von Eisenoxydulsalzen, beobachtet, um wie viel mehr kann sie bei einer Flüssigkeit stattfinden, die erfüllt ist von unzählig vielen Kügelchen, die ihre Gröfse und Beschaffenheit schon bei Vermischung mit Wasser, wie das Mikroskop zeigt, ändern, so dafs durch diesen Zusatz, wie Jeder leicht beobachten kann, die scharlachrothe Farbe des arteriellen Bluts in eine eigenthümlich dunkle übergeht. Eine ähnliche Farbenveränderung entsteht auch durch den Zusatz irgend einer Säure, während hingegen die Auflösungen neutraler Salze die dunkle Farbe des Venenbluts in eine helle rothe, dem arteriellen Blute ähnliche Farbe umwandeln, von der jedoch Hr. Scherer [2]) bei seiner interessanten Untersuchung über die Farbe des Bluts sehr richtig bemerkt, dafs sie bei einiger Aufmerksamkeit nicht damit verwechselt werden kann, da sie stumpfer und bräunlicher ist. Offenbar wirken auch diese Körper, wie das Wasser, verändernd auf die Blutkügelchen ein, und eben so auch das Sauerstoffgas und die Kohlensäure.

1) *Annales de chimie et de physique*, *LIV*, *p.* 17.

2) Zeitschrift für rationelle Medicin, von Henle und Pfeuffer, 1, Heft 2, S. 288.

Man hat ferner eingewandt, dafs der Faserstoff des Bluts, wie Hr. Scherer [1]) in Liebig's Laboratorium beobachtet hat, begierig Sauerstoff absorbire, und deshalb kein freies Sauerstoff im Blute seyn könne. Allein aus der Untersuchung des Hr. Scherer selbst geht hervor, dafs diese Absorption noch nach 14 Tagen nicht vollendet ist, also offenbar auf einer fäulnifsartigen Veränderung beruht. Aufserdem fällt wohl jetzt, wo Sauerstoff in solchen Quantitäten im Blute nachgewiesen ist, dieser Einwand von selbst fort.

So lange die aus dem Blute erhaltenen Mengen von Sauerstoff nur gering waren, mögen Viele Anstand genommen haben, den Vorgang der Respiration als eine Absorptionserscheinung anzusehen. Möchte es mir gelungen seyn, diese zu überzeugen, und in ihnen die Vorstellung zu erwecken, dafs ebenso, wie die geringe Menge Wasser in den Kiemen eines auf's Land gebrachten Fisches, immer wieder Sauerstoff absorbirt, und durch Abgabe desselben an das Blut, das Leben des Thieres so lange erhält, als die Kiemen noch feucht sind, dafs so auch das Blut aller Thiere den Sauerstoff aufnimmt und in die entferntesten Theile des Körpers führt, um dort eine Oxydation zu bewirken, welche zur Erhaltung des Lebens, so wie zur Erzeugung der Wärme an jeder Stelle erforderlich ist.

1) Annalen der Pharmacie, von Liebig und Wöhler, Bd. 40, S. 1.

II. *Galvanische und elektromagnetische Versuche;* *von M. H. Jacobi.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus dem *Bullet. de la Classe physico-math. de l'acad. de St. Petersb.*, *T. IV.*)

Erste Reihe. Ueber elektro-telegraphische Leitungen.

I.

Ich erlaube mir der Klasse mehrere wissenschaftliche Untersuchungen mitzutheilen, die ich bei meinen anderweitigen elektro-telegraphischen Arbeiten anzustellen Veranlassung und Gelegenheit hatte. Das allgemeine Interesse, welches die elektrischen Telegraphen jetzt in hohem Grade zu erregen anfangen, wird die Mittheilung dieser Versuche entschuldigen, die, obgleich sie zum Theil schon vor längerer Zeit angestellt worden sind, dennoch immer noch nicht die Vollständigkeit haben erkalten können, die ich ihnen zu geben gewünscht hätte. Aber dem ungeachtet will ich diese Mittheilung nicht länger verzögern, weil es in der That, obgleich diese wichtige Anwendung des Galvanismus eine so lebhafte Entwicklung genommen hat, dennoch beinah gänzlich an nur einigermafsen sicheren Versuchen fehlt, welche bei galvanischen Leitungen angestellt worden wären. Der Mangel an zweckmäfsigen Mefsinstrumenten und tüchtigen Mitbeobachtern einerseits, andererseits aber die materiellen und localen Schwierigkeiten, die mit solchen Messungen verknüpft sind, mochten wohl selbst Physiker ersten Ranges, wie Steinheil und Wheatstone, die sich zuerst mit Anlegung elektrischer Telegraphen befafst hatten, von solchen Untersuchungen abgeschreckt haben. Eine ehrenvolle Ausnahme hiervon machen die neuerlich von Hrn. Matteucci, bei Gelegenheit des wissenschaftlichen Con-

gresses in Mailand, bei einer Leitung von 2×12500 Meter zwischen Mailand und Monza angestellten Versuche. Hr. Matteucci hat auf einem directen Wege durch diese Versuche die wichtige, theoretisch bereits wahrscheinliche Thatsache bestätigt, die ich aus meinen früheren vergleichenden Messungen indirect abgeleitet hatte [1]), dafs nämlich bei Benutzung des Erdbodens, als einer Hälfte einer galvanischen Leitung, der Leitungswiderstand des Erdbodens, selbst auf grofse Entfernungen, beinah Null ist. Ich werde später die Versuche mittheilen, die ich bei der im Jahre 1843 angelegten Tsarsko-Seloer Linie angestellt habe, welche gerade doppelt so lang ist, als die, welche Hr. Matteucci bei seinen Versuchen benutzt hat.

Ich habe Veranlassung hier besonders zu erwähnen, dafs ich diese Versuche in der historischen Folge gebe, wie sie angestellt worden sind, und verwahre mich im Voraus, gegen alle daraus erfolgenden Prioritäts-Streitigkeiten. Haben meine Versuche eine nützliche Seite, entweder als neue, oder als bestätigende oder als erweiternde, so ist es für das Publicum, das daran Interesse nimmt, am Ende gleichgültig, ob sie den Versuchen anderer Physiker nachgefolgt oder ihnen vorangegangen sind, oder sich mit ihnen gekreuzt haben.

2.

Bei der Anlage der elektrischen Telegraphen bilden die *Leitungen* und nicht die zeichengebenden Apparate, die auf die mannichfaltigste Weise combinirt werden können, eigentlich den schwierigsten und wichtigsten Theil. Der Gegenstand ist noch zu neu, als dafs die verschiedenen Methoden, deren man sich bedient hat, diese Leitungen herzustellen, schon jetzt ihre Vorzüge hät-

1) Siehe „Einige Notizen über galvanische Leitungen" (Sitzung vom 8. October 1842), *Bulletin Scientifique Classe physico-mathématique, T. I, N.* 9.

hätten bewähren können. Betrachtet man die Sache vom administrativen Standpunkte aus, so scheint es, dafs die Sicherstellung dieser Leitungen, sowohl gegen muthwillige Beschädigungen, als auch gegen die Einflüsse des Klimas, eine Bedingung von höchster Wichtigkeit ist; eine Bedingung, die aber meines Erachtens nur erreicht werden kann, wenn man die Drähte in die Erde gräbt. Andererseits aber kennt Jeder die grofsen Schwierigkeiten, die es hat, weit ausgedehnte, vom feuchten Erdreiche umgebene Leitungen gehörig zu isoliren. Eine solche Isolirung würde ganz unverhältnifsmäfsig grofse Kosten verursachen, wenn überhaupt die Rede davon seyn könnte, sie so vollständig herzustellen, wie es allenfalls bei Versuchen im Cabinette möglich ist. Bei der vollständig isolirten geschlossenen Kette mufs die Stärke des Stroms in jedem Querschnitte des Leitungsdrahtes dieselbe seyn; dieselbe dicht bei der Batterie so wie an dem von ihr entferntesten Punkte. Ist die Leitung nicht vollständig isolirt, so wird ein Theil des Stromes abgeleitet werden, und unmittelbar von einem Drahte zum andern durch das umgebende Mittel gehen. Die ursprüngliche Stromeskraft wird daher einen Verlust erleiden, der um so gröfser ist, je unvollständiger die Isolirung und je weiter man sich von der Batterie entfernt. Läfst man die allgemeine Verminderung der Kraft bei Seite, welche durch den eigenthümlichen Widerstand der Leitung selbst entsteht, so hängt es von der Beschaffenheit der Isolirung, der Empfindlichkeit der Apparate und von der Stärke der Batterien ab, bis auf welche Entfernung die zur Activirung der telegraphischen Apparate erforderliche Kraft noch fortgepflanzt werden kann. Wir werden später sehen, dafs bei völlig unisolirten Drähten diese fortgepflanzte Kraft schon auf geringe Entfernungen beinah gänzlich verschwindet. Die Anlage elektro-telegraphischer Linien mit unterirdischen Leitungen ist daher ein äufserst verwickelter Gegenstand, indem sich bei dem

jetzigen Zustande unseres Wissens hierüber durchaus noch kein Gesetz über die relative Abnahme der Stromeskräfte aufstellen läfst, oder mit andern Worten, weil man a priori nicht vorausbestimmen kann, bis auf welche Entfernung hin, bei Anwendung einer bestimmten Isolirungsmethode, die erforderliche Kraft wird fortgepflanzt werden können. Wir werden noch genugsam Gelegenheit haben zu sehen, welche Masse verschiedenartiger Umstände bei diesen unterirdischen Leitungen zur Berücksichtigung kommen, Umstände, welche bei der sogleich zu erwähnenden andern Methode, telegraphische Linien zu führen, keineswegs vorkommen.

3.

Hr. Wheatstone, der in England elektro-telegraphische Linien von gröfserer Ausdehnung ausgeführt hat, bediente sich bekanntlich zuerst gufseiserner Röhrenleitungen, um seine Drähte hindurchzuführen. Diese Methode war nicht nur äufserst kostspielig, sondern erfüllte nicht einmal ihren Zweck. Seitdem hat man, vielleicht weil man an der Ausführbarkeit unterirdischer Leitungen verzweifelte, dieselben aufgegeben, und die von Herrn Steinheil in München früher angewandte Methode angenommen, hohe hölzerne Pfosten zu errichten, und über diese hinweg die Leitungsdrähte in freier Luft fortzuführen. Indem man auf solche Weise leicht eine beinah vollkommene Isolirung erhalten kann, umgeht man mit einem Male alle Schwierigkeiten, welche die unterirdischen Leitungen darbieten, und erleichtert sich ausnehmend die Ausführung solcher Anlagen. Indessen kann man diese Leitungen in freier Luft, weder als einen wissenschaftlichen, noch als einen technischen Fortschritt bezeichnen. Sie sind vielmehr als ein Nothbehelf zu betrachten, denn solche Leitungen sind weder bei gewöhnlichen Landstrafsen, noch bei den Linien, die durch das Innere der Städte gehen müssen, sondern nur bei Eisenbahnen anwendbar, wo sie leichter der beständigen Beaufsichtigung

unterworfen werden können, deren sie bedürfen. Bei meinen eigenen Arbeiten hat, aus administrativen und localen Rücksichten, die Führung der Leitungen in freier Luft ganz aufser Betracht kommen müssen, und es ist hier zur Aufgabe geworden, bei angemessenster Oeconomie durch unterirdische Leitungen dieselben Zwecke zu erreichen, welche man anderswo durch Leitungen in freier Luft auf leichtere Weise zu erlangen hofft.

4.

Es ist nicht unmöglich, dafs man den Verlust, welcher, wie ich erwähnt habe, bei der Fortpflanzung der galvanischen Kraft stattfindet, den unterirdischen Leitungen zum grofsen Vorwurfe anrechnen dürfte. Deshalb will ich hier nur kurz erwähnen, dafs man hierbei nicht etwa an ein Maximum des Nutzeffects denken mufs, wie man ihm bei Maschinenanlagen z. B. allerdings eine grofse Sorgfalt zu widmen gewohnt ist. Sind nämlich die galvanischen Batterien zweckmäfsig eingerichtet und die zeichengebenden Apparate von der äufsersten Empfindlichkeit, so ist die absolute Zinkconsumtion, welche das Telegraphiren erfordert, ein so geringfügiger Gegenstand, dafs er bei dem Budjet für die Unterhaltung der elektrotelegraphischen Linien kaum in Betracht gezogen zu werden braucht. Unter günstigen Umständen nämlich kann z. B. die Thätigkeit einer Linie von 30 bis 40 Werst sehr wohl durch einen täglichen Aufwand von 15 Solotnik Zink unterhalten werden; und man wird eingestehen, dafs ein solcher Aufwand nicht sehr beträchtlich wäre, wenn er auch den, welcher nur bei vollkommenster Isolirung der Drähte stattfände, um etwa das 8- bis 10fache überträfe.

5.

Aus dem oben erwähnten Aufsatze »über galvanische Leitungen« [1]) wird man sich erinnern, dafs ich mich bei der im Jahre 1842 angelegten Linie von 9030 Fufs

1) Annalen, Bd. 58, S. 409.

Länge, welche durch einen der lebhaftesten Theile der Stadt geht, gläserner Röhren bedient hatte, um die mit einer Lage Mastix umgebenen Drähte hindurchzuführen.

Ich hatte damals gleich nach Vollendung dieser Anlage vergleichende Messungen an beiden Enden der Linie angestellt, welche nur den geringen Kraftverlust von 6,6 Proc. ergeben hatten. Indessen hatte sich dieser vortreffliche Zustand der Isolirung nicht lange erhalten. Durch Sprünge oder Brüche, welche einige Glasröhren entweder später oder gleich bei der Legung bekommen haben mochten, war einige Feuchtigkeit in die Röhren gedrungen, so dafs spätere Beobachtungen, die ich im Anfange des Jahres 1843 angestellt hatte, im Durchschnitt einen Verlust von etwa 30 Proc. ergaben. Defsungeachtet war die Thätigkeit des Telegraphen durch diesen Verlust nicht unterbrochen oder nur merklich afficirt worden.

Da bei technischen Anlagen der bessere oder schlechtere Erfolg oft von Umständen abhängt, die in wissenschaftlicher Beziehung für kleinlich gelten, so mufs ich um Entschuldigung bitten, wenn ich erwähne, dafs es bei der Bespinnung der Drähte besser ist Baumwollenfäden zu gebrauchen, als starken Zwirn, wie ich ihn angewandt hatte. Bei der Baumwolle nämlich legen sich die einzelnen Windungen dichter, sowohl an einander, als auch am Drahte selbst, und ihre Rauhigkeit bewirkt ein besseres Anhaften des Mastix. Die von mir gebrauchten Drähte hatten das Uebel, dafs schon geringe Biegungen, wie sie bei den Arbeiten unvermeidlich sind, eine Trennung der einzelnen Fäden und Sprünge oder Brüche im Mastix bewirkten, die der Feuchtigkeit einen leichteren Zugang verschafften. Auch finde ich es besser, wenn die Baumwollenfäden nicht sehr stark gezwirnt sind. Vortrefflich ist es, die Drähte aus freier Hand mit rohem Hanf oder Flachs zu bewickeln, weil der Mastix sehr gut darauf haftet und seine volle Biegsamkeit behält.

6.

Obgleich meine früheren Messungen die grofsen Vorzüge ergeben hatten, welche die Benutzung des Erdbodens als Hälfte der galvanischen Leitung gewährte, so war es doch wichtig diese Messungen im Winter bei niedrigerer Bodentemperatur zu wiederholen. Eis ist, wie man weifs, ein guter Isolator, auch soll sich, wie man behauptet, im Allgemeinen die Leitungsfähigkeit der Flüssigkeiten mit ihrer Temperatur erhöhen [1]). Die Metallplatten, die zur Fortleitung des Stroms dienten, und die man hier ebenfalls Elektroden nennen könnte, waren zwar bis auf eine gröfsere Tiefe eingegraben, als der Frost gewöhnlich in die Erde dringt, auch war überdiefs der Winter von 1842 bis 1843 ausnehmend milde gewesen, dennoch wollte ich mich dieser Versuche nicht überheben, die ich am 9. Februar 1843 unternahm, nachdem mehrere Tage hinter einander wenigstens eine Kälte von 9° bis 10° R. stattgefunden hatte. Ich will das Detail dieser Versuche nicht weiter anführen, und nur erwähnen, dafs das mittlere Resultat aus funfzehn sehr nahe liegenden Beobachtungen, für 100 Th. Gas, welche in dem bei der Batterie befindlichen Voltameter entwickelt worden, 98,2 Th. in dem auf der andern Station befindlichen Voltameter, und also nur einen Verlust von 1,8 Proc. ergab. Nach den früheren, in der erwähnten Note mitgetheilten Beobachtungen hatte ein Verlust von 3 Proc. stattgefunden. Batterien und Voltameter waren die früheren gewesen, von der Leitung hatte ich nur einen einfachen Draht benutzt, und eben so wie früher eine Verbindung mit dem Dache des Winterpalais hergestellt, das durch die Ableitestangen den

1) Dieser Punkt ist noch nicht ganz ausgemacht, und bedarf, wie alles, was die Leitungsfähigkeit der Flüssigkeiten betrifft, noch einer Revision. Dafs erhitzte Flüssigkeiten besser wirken, läfst sich eben sowohl auf andere Weise als aus ihrem verminderten Leitungswiderstande erklären. (Vergl. indefs Ohm, Ann. Bd. 33, S. 403, und Henrici, Bd. 66, S. 175. *P.*)

Strom bis zum feuchten Erdboden fortleitete. Als ich bei noch funfzehn andern Versuchen die beiden Drähte des Systems, das mir zur Benutzung frei stand, neben einander, zu einem einzigen Drahte von doppeltem Querschnitte verband, ergaben die vergleichenden Messungen nicht den allergeringsten Verlust, oder nur solche schwankende Differenzen, welche den Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden konnten. Ich will noch erwähnen, dafs ich bei eben dieser Combination früher 100 Th. Gas =10 Cubikcent. in 2 Minuten erhalten hatte. Bei den gegenwärtigen Versuchen wurde dieselbe Gasmenge schon in $1\frac{1}{2}$ Minuten entwickelt. Dieses scheinbar günstigere Resultat berechtigt indessen wohl vorläufig zu keinen andern Folgerungen, als dafs entweder dennoch eine kleine Nebenschliefsung oder eine gröfsere Kräftigkeit der Batterie stattgefunden haben mochte. Obgleich diese Beobachtungen zu Gunsten einer Benutzung des Erdbodens als Leitung selbst im Winter sprechen, so sind sie doch aus den oben angeführten Ursachen nicht ganz entscheidend. Ich werde in der Folge andere Versuche anführen, die unter strengeren Bedingungen angestellt worden sind, und diese wichtige Benutzbarkeit der Leitungsfähigkeit der Erde, unter allen Umständen, ganz und gar aufser Zweifel stellen.

7.

Es war mir aus verschiedenen Gründen wahrscheinlich vorgekommen, dafs das Verhältnifs zwischen der ursprünglichen und der fortgepflanzten Kraft bis auf eine gewisse Gränze günstiger ausfallen werde, je schwächerer Ströme man sich bediene. Diese Versuche lassen sich indessen nur mit magnetischen Galvanometern anstellen, die unter sich vergleichbar sind, und bei denen das Gesetz der Ablenkungen entweder empirisch oder ihrer Construction gemäfs bekannt ist. Die Wasserzersetzung erheischt, besonders wenn bequem und genau mefsbare Gasquantitäten producirt werden sollen, wie man weifs,

schon an und für sich ansehnliche Stromeskräfte, und hier um so gröfsere, da zwei Voltameter in der Kette eingeschaltet sind, von denen das von der Batterie entferntere gewissermafsen so betrachtet werden kann, als befände es sich in einem Zweigstrome. Aus der bekannten Ohm'schen Formel läfst sich aber leicht die Bedingung ableiten, unter welcher die Gasentwicklung in letzterem Voltameter $=0$ werden mufs. Ist nämlich l der Leitungswiderstand der durch mangelhafte Isolation entstandenen Nebenschliefsung, L der Leitungswiderstand der Batterie, inclusive dem der Leitungsdrähte bis zur Stelle dieser Nebenschliefsung, die eigentlich auf der ganzen Länge der Leitung vertheilt gedacht werden mufs, E die elektromotorische Kraft der Batterie und e die Polarisation des entfernteren Voltameters, so hat man, mit vorläufiger Beiseitesetzung der durch Polarisation der Leitungsdrähte selbst entstehenden Modificationen für den durch das Voltameter gehenden Strom $El-e(l+L)$ $=0$. Die Gasentwicklung wird also um so eher verschwinden, je gröfser L wird, d. h. je weiter das Voltameter sich von der Batterie entfernt, und je schlechter die Isolirung ist, d. h. je kleiner l ist. Das magnetische Galvanometer mufs aber, weil bei ihm $e=0$ ist, auch in Zweigströmen, bei denen die Angaben des Voltameters längst verschwunden sind, noch Indicationen geben, die natürlich mit der Empfindlichkeit desselben, die beinah beliebig erhöht werden kann, zunehmen müssen.

Da ich mich damals nicht im Besitze zweier für diese Versuche geeigneter magnetischer Galvanometer befand, so stellte ich einen Versuch mit der elektro-chemischen Zersetzung des Kupfervitriols an, die bekanntlich nur schwacher Ströme bedarf. Ich verband daher auf der einen Station die beiden früher angewandten Leitungsdrähte mit einer kleinen, nur aus zwei Daniell'schen Elementen bestehenden Batterie, auf der andern Station aber mit zwei Kupferelektroden, die in einem kleinen, mit Ku-

pfervitriol gefüllten Glastroge tauchten. Die Elektroden, eben so wie die beiden Kupfercylinder der Batterie, waren vorher genau gewogen worden. Die Wirkung war sehr schwach, so dafs nach mehreren Stunden noch keine Spur von Kupferniederschlag an der Kathode zu erblikken war. Nach einer ununterbrochenen Wirkung von vier Tagen hatte aber die Kathode 57 doli ($=2^{gr.},53$) an Gewicht zugenommen. An dem einen Kupfercylinder der Batterie waren während dieser Zeit $57\frac{1}{2}$ doli und an dem andern $56\frac{1}{2}$ doli, oder im Mittel gerade 57 doli Kupfer reducirt worden. Dieser Versuch zeigte also, dafs dem bekannten Faraday'schen Gesetze gemäfs, beim Durchgange dieses schwachen Stroms durch die in der Erde befindliche Drahtleitung von 2×9030 Fufs Länge, nicht der allermindeste Verlust stattgefunden hatte. Aber dennoch glaube ich, dafs man aus diesem Versuche nicht die Folgerung ziehen kann, dafs dieselbe Leitung, die bei Anwendung der stärkeren Ströme von 25 Plattenpaaren einen Verlust der übertragenen Kraft von 30 Proc. veranlafst hatte, bei Anwendung der sehr schwachen Ströme von nur zwei Plattenpaaren, für vollkommen isolirt gelten könne. Ich bin vielmehr der Meinung, dafs diese schöne Uebereinstimmung gröfstentheils der Polarisation zuzuschreiben ist, welche die Leitungsdrähte durch die vier Tage lang ununterbrochen fortgesetzte Wirkung des Stromes erfahren haben. Diese Polarisation tritt nicht mit einem Male auf, sondern nimmt, wie ich in einem zweiten, die Tsarsko-Seloer Leitung betreffenden Artikel zeigen werde, mit der Zeit allmälig bis auf eine gewisse Gränze hin zu. Zeichnet man sich nämlich das Schema dieses Versuchs auf, so überzeugt man sich leicht, dafs die Polarisation der Leitungsdrähte die Stärke des Hauptstroms schwächt, die Wirkung des übertragenen Stromes dagegen verstärkt. Es mufs also gerade in dem Falle unseres Versuchs entweder zufällig oder vielleicht naturnothwendig, und, ungeachtet der mangelhaf-

ten Isolation, eine vollkommene Gleichheit beider Ströme stattgefunden haben. Es ist übrigens keineswegs unwahrscheinlich, dafs die Zersetzung des Kupfervitriols unter diesen Umständen, selbst nach Entfernung der Batterie, sich noch eine Zeit lang vermöge der elektromotorischen Kraft der Leitungsdrähte allein fortgesetzt haben würde.

8.

Die Classe wird sich erinnern, dafs ich in der Sitzung vom 17. März 1843 einen mündlichen Bericht über einige weitere, die Leitungsfähigkeit des Wassers betreffende Versuche abgestattet hatte. Diese Versuche hatten zum Zweck, die bisherigen Erfahrungen über diesen Gegenstand um ein Ansehnliches zu erweitern, und fanden eine bereitwillige Unterstützung Seitens Seiner Kaiserlichen Hoheit, des General-Inspectors der Ingenieure, Grofsfürsten Michael. Wir hatten am 13. März 1843, wo diese Versuche angestellt worden, noch eine Kälte von 9° bis 10° R., so dafs ich diesen Umstand benutzte, um einen Leitungsdraht auf dem Eise, das noch eine Dicke von etwa 2 Fufs hatte, auszustrecken, um mir so eine absolut vollkommene, natürliche Isolation zu verschaffen. Der Draht war 0",075 dick und beiläufig mit rohem Hanf bedeckt, und mit einer Mischung von Leinöl und Kautschuck bestrichen worden. Seine Länge betrug 9 Werst in der Richtung von der Insel *Petrovski* am Ausflusse der Neva, nach dem finnischen Meerbusen zu. Da dergleichen Versuche nicht allzuhäufig angestellt werden können, so hatte ich ein ausführliches Programm aller zu machenden Beobachtungen und eine demgemäfse Instruction entworfen. Einige Mifsverständnisse aber, die hierbei vorgefallen, Verzögerungen, die durch Aufsuchen einiger schadhafter Stellen im Drahte entstanden waren, die von einem frischen Winde begleitete Kälte von 10° endlich machte eine zu lange Ausdehnung dieser Versuche, deren Vorbereitung schon von 6 Uhr Morgens an gedauert hatte, nicht eben sehr wünschenswerth. Ich

mufste mich daher auf die Constatirung allgemeiner Effecte beschränken, und für diesesmal auf messende Beobachtungen verzichten.

9.

Die Elektromotoren, deren ich mich bei diesen Versuchen bediente, und die in einem, an der Brücke zwischen Petrovski und Krestovski belegenen Hause aufgestellt waren, bestanden:

1) In einer Volta'schen Säule von 100 Plattenpaaren Kupfer und Zink, von 5 Zoll im Quadrat, welche durch mit Salmiakauflösungen befeuchtete Pappscheiben von einander getrennt waren.

2) In einer magneto-elektrischen Maschine, nach Art der Clarke'schen, aber von besonderer Construction.

3) In einem, mit einem Unterbrecher versehenen elektro-magnetischen Inductionsapparat, bestehend aus einer mit einer galvanischen und einer magneto-elektrischen Spirale umgebenen hohlen Rolle, worin sich ein Bündel weicher, stark lackirter Eisendrähte befand.

4) in einer Grove'schen Batterie von zwölf Elementen Platin-Zink, ersteres ungefähr von $\frac{1}{4}$ Quadratfufs Oberfläche.

Von diesen Apparaten bot der Inductionsapparat die meiste Energie dar, sobald nämlich die galvanische Spirale mit der Platinbatterie, die man zu sechs Paaren von doppelter Oberfläche combinirt hatte, verbunden wurde. Verband man das eine Ende der Inductionsspirale mit dem 9 Werst langen Leitungsdrahte, das andere aber mit einer Zinkplatte von ungefähr 10 Quadratfufs Oberfläche, welche in eine, in das Eis gehauene Oeffnung gesenkt worden war, so war, ungeachtet der grofsen Intensität des Apparats, keine Spur von einem Nebenstrome, weder durch Ablenkung der Galvanometernadel, noch durch elektro-chemische Zersetzungen, noch durch physiologische Wirkungen bemerkbar. Dieser Versuch beweist die Vollkommenheit der Isolirung, welche das Eis darbietet.

Denn ein solcher Nebenstrom hätte sich bei der grofsen Eisoberfläche, die mit dem Drahte in Berührung war, bei nur etwas mangelhafter Isolation unfehlbar zeigen müssen. Da indessen der Leitungsdraht schon an und für sich mit einer isolirenden Substanz bedeckt war, so liefs ich an dem von der Batterie entfernteren Ende desselben vier Zinkplatten, jede von 10 Quadratfufs Oberfläche, befestigen und unmittelbar auf das Eis legen. Auch unter solchen Umständen war kein Nebenstrom bemerkbar. Später liefs ich noch zwei blanke Kupferdrähte, jeden von 3 Werst Länge und 0",075 Dicke, auf das Eis ausbreiten, und verband zwei Enden desselben mit der magneto-elektrischen Spirale, während die andern beiden entfernteren Enden von einander getrennt waren. Auch hier fand noch eine vollkommene Isolation statt. Ich füge hinzu, dafs ich bei Anwendung der andern Elektromotoren, oder wenn ich in der Inductionsspirale einen soliden Eisenkern statt des Drahtbündels substituirte, ebenfalls keine Indicien eines Nebenstromes erhielt. Diese Versuche sind als eine vollkommene Bestätigung und Erweiterung derjenigen zu betrachten, die Faraday (*Experimental researches*, §§. 381, 419) [1]) über die Isolirungsfähigkeit des Eises früher angestellt hatte.

10.

Der Platinpol der zwölfpaarigen Batterie wurde mit der nicht weit davon im Wasser befindlichen Zinkplatte, der Zinkpol der Batterie aber mit dem Leitungsdrahte verbunden. An dem 9 Werst davon entfernten Ende des letztern war ein Platindraht befestigt. Es wurde hierauf ein kleiner poröser und mit Kupfervitriol gefüllter Thonbecher genommen, und in einer, am Ende der Leitung in's Eis gehauenen Oeffnung bis zum Rande vorsichtig in's Wasser gesenkt. Sobald der Platindraht mit dem Kupfervitriol in Berührung gebracht wurde, fand augenblicklich eine Reduction des Kupfers statt, die sich durch eine Röthung des Platindrahts manifestirte. Wahr-

1) Annalen, Bd. 31, S. 225 und 237.

scheinlich hätte auch bei Anwendung einer geringeren Anzahl Plattenpaare, oder vielleicht gar, mit Hinweglassung der Batterie, durch alleinige Wirkung der 9 Werst entfernten Zinkplatte, eine solche elektro-chemische Zersetzung, aber freilich nur langsamer, stattgefunden. Obgleich dieser Versuch nicht geradezu etwas Unerwartetes darbot, so setzte er doch alle Anwesenden in Erstaunen; denn in der That, wenn man von den herrschenden Ansichten ausgeht, welche unendliche Menge Atome Wasser müssen hier in einer beinah unmefsbaren Zeit zerlegt und wieder hergestellt worden seyn, um diesen Reductionseffect an einem Ende, und den entsprechenden Oxydationseffect am andern Ende hervorzurufen? Und dennoch haben die ungeheuern Kräfte, die hierbei im Spiele gewesen seyn müssen, sich nur durch eine ruhige, aber energische Wirkung manifestirt! Ich erlaube mir bei dieser Gelegenheit folgendes Aperçu. In jedem Querschnitte eines Elektrolyten findet, der Hypothese nach, eine entsprechende Decomposition und Recomposition der Atome statt. Die Producte dieser Zersetzungen können sich nur an den Oberflächen der End- oder der Zwischenplatten zeigen, weil da eine Recomposition unmöglich ist. So viele Zwischenplatten man hat, so viele zersetzte Atome müfste man erhalten. Was hindert also, sich der ungeheuern, bei der geschlossenen Kette in Thätigkeit gesetzten Kräfte zu bemächtigen? Offenbar nur der Umstand, dafs wir bis jetzt kein Metall oder keine sonstige Substanz besitzen, welche keinen Uebergangswiderstand darbietet, durch die Producte der Zersetzungen selbst keine chemische Veränderung erleidet, oder durch Berührung mit letzteren keine Polarisation erfährt.

11.

Die anderen Versuche, die ich noch anstellte, bestanden gröfstentheils in telegraphischen Uebungen mit mehreren Apparaten, die ich hatte construiren lassen, und die bei dieser Gelegenheit geprüft werden sollten. Ich

habe die meisten dieser Apparate in meiner öffentlichen Vorlesung über Elektrotelegraphie vom 8. Januar 1844 (*Recueil des actes* 1844) bereits erwähnt, mufs aber die detaillirte Beschreibung derselben einer andern Gelegenheit vorbehalten. Hier will ich nur hervorheben, dafs auch bei dieser Gelegenheit mit einem physiologischen Telegraphen von höchst einfacher Construction gearbeitet worden ist. Man weifs, dafs Hr. Vorselman de Heer die erste Idee hatte, durch schwache elektrische Commotionen zu telegraphiren, und dafs er die Theorie eines solchen Telegraphen in einer vortrefflichen Abhandlung auseinandergesetzt hat [1]). Indessen leidet die Form, in welcher der Erfinder die Ausführbarung dieser Idee hat bewerkstelligen wollen, an bedeutenden practischen Mängeln, und wird schon der vielen Leitungsdrähte wegen, die er nöthig hat, gewissermafsen unmöglich. Da ich bei diesen Versuchen das Meer als eine Hälfte der Leitung benutzte, so nahm ich nur einen Draht, durch welchen man aber auch nur ein Zeichen erhielt. Berührt man mit dem Zeige- und Mittelfinger der linken Hand zwei kleine Metallplatten, die mit der Leitung in Verbindung stehen, so verspürt man im Augenblicke, wo an der andern Station der Strom gebildet wird, eine leichte, nicht unangenehme Erschütterung, welche gleichsam als Elementarsignal betrachtet und mit 1 bezeichnet werden kann. Wiederholt man dieselbe Operation zwei Mal schnell hinter einander, so erhält man einen Doppelschlag, der sich vom einfachen Schlage scharf unterscheidet und mit 2 bezeichnet wird. Bei einiger Uebung kann man auch einen dreifachen Schlag von einem Doppelschlage noch leicht unterscheiden, bei einem vierfachen Schlage aber scheinen sich die Empfindungen schon zu verwirren. Aus den beiden Zeichen 1 und 2 werden nun auf die bekannte Weise Chiffercombinationen gebildet, die, nach dem Bedürfnifs, aus einer gröfseren oder geringeren Anzahl von Elementen bestehen können.

1) Annalen, Bd. 46, S. 513.

Das Geben der Signale, das durch eine Taste, und das Notiren derselben, das durch die frei gebliebene rechte Hand geschieht, geht mit grofser Schnelligkeit von Statten, weil man seine Aufmerksamkeit auf keinen fremdartigen Gegenstand zu richten hat. Nach der Construction des Erfinders sind zwar 45 verschiedene Signale möglich, es findet aber die Unbequemlichkeit statt, dafs beide Hände mit ihren zehn Fingern dabei beschäftigt sind, so dafs man die erhaltenen Zeichen einem Gehülfen dictiren mufs; eben so mag wohl eine sehr bedeutende Uebung dazu gehören, bei schnell hinter einander gegebenen Signalen unterscheiden zu können, in welchen Fingern man die Commotionen verspürt hat, besonders wenn letztere nur schwach sind. Der physiologische Telegraph, den ich bei den erwähnten Versuchen gebraucht habe, bedarf, um mit ihm operiren zu können, beinah gar keiner Uebung, und ist so einfach, dafs ihm Jedermann leicht selbst construiren kann. Zu seiner Activirung bediente ich mich eines Inductionsstromes, der durch Oeffnen und Schliefsen einer, mit einem Drahtbündel angefüllten hohlen elektro-magnetischen Spirale erzeugt wurde, deren Enden mit einem einzigen Platin-Zink-Paare verbunden waren. Obgleich die ganze Kette, die Länge der Inductionsspirale ungerechnet, aus 9 Werst Wasser und 9 Werst Draht bestand, so war die Stärke des Stromes doch beträchtlich genug, um an den äufsersten Punkten der Leitung noch merkliche Empfindungen hervorzubringen.

12.

Von den damals angestellten Versuchen will ich zum Schlufs noch erwähnen, dafs bei Anwendung der Volta'schen Säule von 100 Plattenpaaren und der oben erwähnten Inductionsapparate auf diese Entfernung von 9 Werst sehr lebhafte Funken aus zwei an einander geriebenen Kohlenstücken erhalten wurden, und dieselben sogar zum Glühen gebracht werden konnten. Sehr dün-

ner Platindraht dagegen wurde mit dieser Säule nicht merklich erhitzt. Ich hatte, wie oben erwähnt, zu den in's Wasser gesenkten Elektroden Zinkplatten von 10 Quadratfuſs Oberfläche genommen, weil ich nicht zu wenig thun wollte, indem Hr. Steinheil aus einigen von ihm angestellten theoretischen Betrachtungen gefolgert hatte, daſs eine Metallplatte von 61 Quadratfuſs nöthig sey, um die Leitungsfähigkeit des Wassers der eines Kupferdrahtes von 0,5 Quadratlinien gleich zu machen. Einige der zuletzt erwähnten Versuche waren aber zufällig so angestellt worden, daſs dann erst, nachdem die Verbindungen mit den Kohlenstücken gemacht worden, die Zinkplatte mit dem daran befestigten Leitungsdrahte in's Wasser gesenkt wurde. Bei dieser Gelegenheit bemerkte der Hr. Generallieutenant von Vitovtov, Chef der Ingenieure des Garde- und Grenadier-Corps, der des wissenschaftlichen Interesses wegen allen diesen Versuchen seine Gegenwart geschenkt hatte, daſs bei dem Aneinanderreiben die Kohlen schon zu glühen anfingen, als nur der Rand der Zinkplatte das Wasser berührte. Als daher die Zinkplatte ganz weggelassen wurde, erregte es nicht wenig Erstaunen, als man alle die oben erwähnten Effecte erhielt, sobald nur die Spitze des einen Drahts auf etwa einen Zoll tief in's Wasser gesenkt wurde. Eben so erhielt man sehr lebhafte Erschütterungen, als man das Ende des 9 Werst langen Hauptleiters mit der einen Hand hielt, und nur eine Fingerspitze der andern Hand in's Wasser tauchte. Dieser Versuch spricht dafür, daſs die Wassermasse, welche an der Leitung des Stromes Antheil nimmt, sogleich von den erregenden Punkten aus eine groſse Ausdehnung nach allen Richtungen gewinnt; eine Ausdehnung, die zwar von den Dimensionen der Elektroden abhängig seyn mag, bei der es aber in Bezug auf die Leitungsfähigkeit der durch sie begränzten Wassermasse gleichgültig ist, ob sie, dem Querschnitte nach, einige Quadratfuſse mehr oder weniger beträgt.

13.

Nach dieser Digression wollen wir jetzt zu der oben beschriebenen telegraphischen Leitung wieder zurückkehren. Diese hatte, bei Anwendung zweier Drähte, den ganzen Winter hindurch ununterbrochen ihre Dienste geleistet, als im Frühjahr 1843, nach eingetretenem Thauwetter, plötzlich eine Unterbrechung eintrat. Da an vier Stellen der Leitung Brunnen abgeteuft worden waren, durch deren, mit Steinplatten bedeckte Oeffnungen man zu den Drähten gelangen konnte, so wurden mehrere vergleichende Beobachtungen angestellt, aus denen es zwar nicht mit Gewifsheit, aber doch mit grofser Wahrscheinlichkeit hervorging, dafs nicht etwa ein Bruch der Drähte oder ein metallischer Contact an irgend einer Stelle diese Unterbrechung veranlafst hatte, sondern dafs wahrscheinlich vermöge der in die Röhren gedrungenen Feuchtigkeit so ausgedehnte Nebenschliefsungen entstanden waren, dafs die Stärke des übertragenen Stromes bedeutend dadurch beeinträchtigt wurde. Später wurde diese Vermuthung bestätigt durch starke Spuren von Feuchtigkeit, welche an einigen Ausmündungen der Röhren bemerkt wurden. Eine Discussion der angestellten Beobachtungen, deren Details mir leider abhanden gekommen sind, ergab aber aufserdem noch den unangenehmen Umstand, dafs diese Nebenschliefsung nicht etwa nur local, sondern ziemlich gleichmäfsig über die ganze Linie verbreitet war, mit dem Unterschiede jedoch, dafs sie sich auf der einen Hälfte weit beträchtlicher erwies, als auf der andern. Indessen hatte ich von einem der Brunnen aus einen, mit einer Metallplatte versehenen Draht zu dem in unmittelbarer Nähe befindlichen Catharinenkanal führen, die andere Platte aber in einen Teich senken lassen, der sich in der Nähe der Station II befand. Als nun die beiden Leitungsdrähte neben einander verbunden wurden, um nur als ein einziger zu wirken, fand zwar schon bei geöffneter Kette eine starke

Gas-

Gasentwicklung als Indicium einer beträchtlichen Nebenschliefsung statt, zeigten sich zwar, verglichen mit den Beobachtungen, bei denen die Leitungsdrähte allein dienten, keine beträchtlichen Unterschiede in dem relativen Verhältnisse zwischen der *ursprünglichen* und der *übertragenen* Stromeskraft, dennoch aber überstieg, und das ist das Wichtigste, die absolute Gröfse der letzteren die frühere um mehr als das Doppelte. Es wurde daher, sobald es thunlich war, auch auf der Station I eine Verbindung mit dem Erdboden hergestellt, welche den besten Erfolg hatte, und die zum Telegraphiren erforderliche Kraft wieder herstellte.

14.

Vergleichende Versuche mit dieser Combination konnten nicht sogleich angestellt, sondern mufsten bis zum 4. September 1843 verschoben werden, wo dieselben von den zur Dienstleistung bestimmten Ingenieurofficieren, HH. von Götschel und Baron von Herwart, unternommen wurden.

Diese Versuche gaben die in der Taf. I zusammengestellten Resultate, welche jedesmal die Mittel aus mehreren nahe übereinstimmenden Beobachtungen sind.

Tafel I.

Versuche vom 4. September 1843. Leitung durch den Erdboden, die Drähte 1 und 2 neben einander verbunden.

No. der Versuche.	Anzahl der Daniell'schen Elemente		Angaben der Voltameter in $\frac{1}{16}$ Cubikcent.		Die zur Gasentwicklung erforderliche Zeit.
	auf Station I.	auf Station II.	auf Station I.	auf Station II.	
1	24	—	100	64	3'
2	16	—	100	59	5'
3	12	—	100	49,7	7',5
4	—	24	49	100	2',7
5	—	16	45,9	100	3',6
6	—	12	40,7	100	5'

Wir ersehen aus diesen Versuchen, dafs wenn von Station I aus Gas gegeben wird, man auf Station II ver-

hältnifsmäfsig mehr Gas erhält, als wenn man von Station II aus nach Station I hin giebt. Es ergiebt sich ferner aus den in der sechsten Columne befindlichen Zahlen, dafs die Gasentwicklung auf der Station II bei allen Versuchen energischer war, als auf der Station I. Man kann daher, da man diese Unterschiede nicht ausschliefslich einer Verschiedenheit in der Stärke der Batterien zuschreiben darf, wohl mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit annehmen, dafs die gröfsere Nebenschliefsung näher bei Station I als bei II gelegen seyn müsse, was sich, wie wir sehen werden, noch überdem aus den später, §. 17, zu gebenden Formeln erklären läfst.

15.

Da die zu einem abgesonderten Telegraphensysteme früher bestimmten und a. a. O. erwähnten zwei andern Leitungsdrähte, die sich noch in den Glasröhren befanden, für jetzt nicht benutzt werden, so beschlofs ich dieselben in die Leitung mit aufzunehmen, und alle vier Drähte neben einander als einen einzigen Leitungsdraht von vierfacher Dicke zu verbinden. Es war zu erwarten, dafs wegen des hierdurch auf den vierten Theil herabgebrachten Widerstandes des Leitungsdrahts die Wirkung noch beträchtlich erhöht werden würde. Obgleich es, der Erfahrung gemäfs, in solchem Falle genügt, nur die Enden der gleichliegenden Drähte mit einander zu verknüpfen, und es keinen Eintrag thut, wenn dieselben auch sonst ihrer ganzen Länge nach isolirt sind, so liefs ich doch, gröfserer Vorsicht wegen, eine solche gemeinschaftliche Verbindung auch noch in allen Brunnen bewerkstelligen, die einen Zugang zu den Drähten gestatteten. Die mit dieser vierfachen Verbindung angestellten Versuche sind in der Tafel II zusammengestellt.

Tafel II.

Versuche vom 12. September 1843. Leitung durch den Erdboden, alle vier Drähte neben einander verbunden.

No. der Versuche.	Anzahl der Daniell'schen Elemente		Angaben der Voltameter in $\frac{1}{10}$ Cubikcent.		Die zur Gasentwicklung erforderliche Zeit.
	auf Station I.	auf Station II.	auf Station I.	auf Station II.	
1	24	—	100	75	1',45
2	16	—	100	73,5	2',33
3	—	24	77,2	100	1',56
4	—	16	76,5	100	2',41

Aus diesen Versuchen geht nun unzweideutig eine Zunahme der übertragenen Kraft hervor; aber es scheint zugleich, dafs durch diese gemeinschaftliche Verbindung aller Drähte die Stelle der Nebenschliefsung mehr in die Nähe von Station I hingerückt worden ist, was sich vielleicht dadurch erklären läfst, dafs ein Theil der hinzugekommenen Drähte gerade in der Nähe von Station I etwas mangelhafter isolirt gewesen seyn mochte. Hinzufügen will ich, dafs man bei *ungeschlossener* Kette mit 24 Paaren in 1' auf der Station I 32,5 und auf der Station II 32 Theile Gas erhielt. Diese Beobachtung würde also ebenfalls für eine etwas gröfsere Nebenschliefsung auf der Seite von I sprechen, wenn die Ungleichheit der Batterien, die doch immer vorausgesetzt werden mufs, die Berücksichtigung von 0,5 Th. Gas gestattete, oder überhaupt solchen Maafsbestimmungen, welche, wie auch die der sechsten Columne, meist von der Stärke der Batterie abhängen, nicht einen precären Werth verliehe. Noch nie mehr, als bei diesen Versuchen, habe ich das Bedürfnifs empfunden, beständige Elektricitätsquellen zur Disposition zu haben.

16.

Im darauf folgenden Jahre wurden die vergleichenden Messungen der Tafel III ebenfalls von den oben erwähnten Ingenieurofficieren angestellt, um den Zustand

der Leitung zu prüfen, die den Sommer über nicht im Gebrauche gewesen war.

Tafel III.

Versuche vom 28. August 1844. Leitung durch den Erdboden, alle vier Drähte neben einander verbunden.

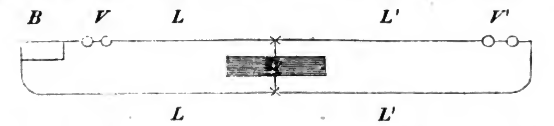
No. der Versuche.	Anzahl der Daniell'schen Elemente		Angabe der Voltameter in $\frac{1}{10}$ Cubikcent.		Die zur Gasentwicklung erforderliche Zeit.
	auf Station I.	auf Station II.	auf Station I.	auf Station II.	
1	15	—	100	49,5	2'
2	12	—	100	46	2',75
3	—	24	63	100	0',89
4	—	16	54,3	100	2',2
5	—	12	47,3	100	3',2

Vergleicht man diese Versuche mit denen der Tafel II, so ersieht man daraus, dafs das Verhältnifs zwischen der ursprünglichen und der übertragenen Stromeskraft etwas nachtheiliger geworden ist, dafs aber auch hier die gröfsere Nebenschliefsung der Station I näher liegt. Dieses wird zum Theil durch die Zahlen der sechsten Columne, zum Theil dadurch bestätigt, dafs bei *ungeschlossener* Kette und bei Anwendung von 12 Elementen in einer Minute auf der Station I 27 und auf der Station II 24 Theile Gas entwickelt wurden. Diese Versuche, welche, abgesehen von möglichen Beobachtungsfehlern, schon der Verwicklung der dabei vorkommenden incalculablen Umstände wegen keine weitere Discussion vertragen, hatten wenigstens das gelehrt, woran es eigentlich gelegen war, dafs nämlich die zur Hälfte aus dem Erdboden bestehende Leitung, obgleich sie zwei Jahre in der feuchten Erde selbst befindlich gewesen war, ihre Leitungsfähigkeit nicht verloren hatte, sondern immer noch eine zum Telegraphiren überflüssige Kraft zu übertragen im Stande war. Dagegen wäre das kaum von der Anwendung zweier auf die früher beschriebene Weise isolirten Leitungsdrähte zu erwarten gewesen. Rechnet man noch

hinzu, dafs es mir seit dieser ersten Anlage gelungen ist, die zeichengebenden Apparate, sowohl in Bezug auf ihre Empfindlichkeit, als auch auf die Schnelligkeit ihrer Thätigkeit, ausnehmend zu vervollkommnen, so dafs statt einer früher angewandten Batterie von 24 Daniell'schen Elementen jetzt nur eine von 5 Elementen erforderlich ist, und selbst diese geringe Anzahl vielleicht noch bis auf 2 oder 3 herabgesetzt werden kann, so läfst sich wohl die Hoffnung aussprechen, dafs die im Jahre 1843 angelegte Leitung, ungeachtet ihrer unvollständigen Isolation, sich noch lange Zeit in diesem Zustande ununterbrochener Thätigkeit erhalten wird. Die mannichfach ausgesprochene Meinung also, unterirdische Leitungen seyen unausführbar, wäre daher dahin zu berichtigen, dafs unterirdische Leitungen schwieriger anzulegen sind, weil sie mehr Aufmerksamkeit und wissenschaftliches Studium erfordern, und weil sie erheischen, dafs man den zeichengebenden Apparaten den höchsten Grad von Empfindlichkeit verleihe, den die Natur ihrer speciellen Construction und die Geschwindigkeit der Activität, die man von ihnen verlangt, gestattet.

17.

Ich will nun noch die annähernden Formeln geben, welche die Bedingungen ausdrücken, die bei den obigen Versuchen vorhanden waren. Ich verweise hierbei auf das beigefügte Diagramm, bei welchem B die Batterie,



V, V' die respectiven Voltameter und L, L' die Leitungen sind. N ist die Nebenschliefsung, die wie ein durch einen feuchten Leiter getrenntes Plattenpaar betrachtet werden kann; oder gewissermafsen der Schwerpunkt der Nebenschliefsung, da diese, wenn sie nicht

local ist, über die ganze Leitung verbreitet gedacht werden mufs. Seyen nun die elektromotorischen Kräfte und Leitungswiderstände:

1) für die Batterie E und F,

2) für die polarisirten Voltameter e, e' und f, f',

3) für die polarisirte Nebenschliefsung p und r.

Seyen ferner L, L' die Widerstände der Leitungsdrähte von der Batterie bis zur Nebenschliefsung, und von da bis zum entfernten Voltameter, setze man ferner $F+f+L=\varphi$ und $L'+f'=\varphi'$, und die respectiven Gasentwicklungen G und G', so hat man:

$$\frac{G}{G'}=\frac{(E-e-e')(r+\varphi')-p\varphi'}{(E-e-e')r+(p-e')\varphi} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

Die meisten Elemente, die in dieser Formel vorkommen, sind, wie schon erwähnt, von der Art, dafs ihr numerischer Werth sich schwer bestimmen läfst. Besonders gilt dieses aber von p und r oder von den Elementen der polarisirten Leitungsdrähte, über deren Phänomenologie man bis jetzt noch völlig im Dunkeln ist. Vielleicht gelingt es mir später in einem der folgenden Aufsätze, wo von der Zarskoe-Seloer Leitung die Rede seyn wird, wenigstens einiges Licht hierüber zu verbreiten. Ich will nur vorläufig erwähnen, dafs diese Polarisation sehr bedeutend ist, dafs sie auf eine merkwürdige Weise allmälig fortschreitet, und nicht auf einmal in ihrer ganzen Stärke auftritt, dafs die Beschaffenheit des umgebenden Mittels oder des Erdbodens hierbei von grofsem Einflusse zu seyn scheint [1]), und dafs endlich diese Polarisation weit constanter ist und ungleich langsamer verschwindet, als man es bei der Polarisation der kleinen, zur Wasserzersetzung gewöhnlich angewandten Platinplatten zu beobachten gewohnt ist.

1) Ist die Kette in Zarskoe-Selo geöffnet, und verbindet man hier in St. Petersburg die Enden des Multiplicators mit der Leitung und mit der im Wasser befindlichen Kupferplatte, so erhält man eine beständige, nur um einzelne Grade schwankende Ablenkung von 30°, in dem Sinne, dafs die Kupferplatte positiv gegen die Leitung ist.

Aus der obigen Formel (I) lassen sich jedoch immer einige allgemeine Schlüsse ziehen, so z. B. nähert sich $\frac{G}{G'}$ mehr der Einheit, je kleiner L', oder da $L+\alpha'$ eine constante Gröfse ist, je gröfser das in φ enthaltene L wird, oder je näher zu der entfernten Station sich die Nebenschliefsung befindet. Wendet man statt der Voltameter magnetische Galvanometer zur Messung an, so verschwinden e und e', und man erhält:

$$\frac{G}{G'}=\frac{E(r+\varphi')-p\varphi'}{Er+p\varphi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(II)}$$

Da ferner, wenn die Batterie aus einer nur einigermafsen beträchtlichen Anzahl von Elementen besteht, p gegen E immer nur sehr klein seyn wird, so erhält man:

$$\frac{G}{G'}=\frac{E(r+\varphi')}{Er+p\varphi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(III)}$$

Aus den obigen Versuchen haben wir gesehen, dafs die übertragene Kraft verhältnifsmäfsig gröfser wurde, je stärkere Baterien man anwandte. Diese Erscheinung, weil sie constant ist und sich überall zeigt, kann nicht von zufälligen Umständen, z. B. von Verschiedenheiten der Batterien, herrühren. Wie soll man sich aber diese Thatsache aus den eben gegebenen Formeln erklären? da diese eigentlich gerade das Gegentheil erwarten liefsen. Es bleibt, so scheint es, nichts anderes übrig, als anzunehmen, dafs die Polarisation der Leitungsdrähte, oder vielmehr die Gröfse $p\varphi$, mit der Stärke oder der elektromotorischen Kraft der Batterie mehr als verhältnifsmäfsig zunimmt. Diese Annahme scheint aber in der That durch die Versuche an der Zarskoer Leitung oberflächlich bestätigt zu werden, bedarf aber wohl noch genauerer Untersuchungen, um sich bestimmt darüber auszusprechen.

18.

Die gemeinschaftlich von meinem Collegen Lenz und mir durchgeführten Untersuchungen, welche alle Bedingungen umfafsten, die bei der Construction der Elek-

tromagnete oder Multiplicatoren zur Sprache kommen, hatten zu dem wichtigen und einfachen Gesetze geführt, dafs man für eine gegebene Batterie und für ein gegebenes Multiplicatorgestelle das Maximum der Wirkung erhält, wenn der dieses Gestelle ausfüllende Draht einen Widerstand besitzt, der gleich ist dem Widerstande der Batterie + dem der Zuleitungsdrähte. Da nun zugleich diese Untersuchungen gezeigt hatten, dafs es bei der Kraft der Elektromagnete oder Multiplicatoren nahezu nur auf die Anzahl der Windungen ankommt, und die Dicke des Drahtes hierbei von keinem specifischen Einflusse ist, so erhält man dadurch ein Mittel, die Kraft oder die Empfindlichkeit dieser Apparate durch Vermehrung der Drahtmasse und respective Vergröfserung ihrer wesentlichen Dimensionen so weit zu steigern, als es andere constructive Bedingungen gestatten. Ist nämlich der Leitungswiderstand des Drahtes einmal gegeben, so verhalten sich die Maxima nahezu wie die Quadratwurzeln aus den, zu den Multiplicatoren verwendeten Drahtmassen. Diese Sätze sind von den Physikern überall benuzt worden, theils da wo es sich um practische Constructionen handelte, theils da wo blofs von theoretischen Untersuchungen die Rede war.

Indessen leidet der obige, die Maxima der Wirkung aussprechende Satz einige Modificationen, wenn sich zugleich eine Nebenschliefsung in der Kette befindet. Behalten wir die oben, §. 17, gegebenen Bezeichnungen bei, mit der einzigen Modification, dafs man keine Voltameter, sondern Multiplicatoren oder Elektromagnete anwende, so erhalten wir für die Stärke des übertragenen Stroms:

$$G' = \frac{Er + p\varphi}{\varphi(r + L' + f') + r(L' + f')} \quad \ldots\ldots \text{(IV)}$$

Ist die Masse des Drahtes $= m$, so erhalten wir, wenn l' dessen Länge ist, $f' = \frac{l'^2}{m}$, daher:

$$G' = \frac{(Er + p\varphi)m}{\varphi(rm + L'm + l'^2) + r(L'm + l'^2)} \quad \ldots\ldots (V)$$

Die Kraft des Multiplicators wird also seyn:

$$l'G' = K = \frac{(Er + p\varphi)ml'}{\varphi(rm + L'm + l'^2) + r(L'm + l'^2)} \quad \ldots (VI)$$

Suchen wir für K das Maximum in Bezug auf l' auf, so erhalten wir aus der Bedingungsgleichung:

$$\frac{dK}{dl'} = o.$$

$$l'^2 = L' + \left(\frac{\varphi r}{\varphi + r}\right) m \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (VII)$$

woraus sich ergiebt:

$$\frac{l'^2}{m} = f' = L' + \frac{\varphi r}{\varphi + r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (VIII)$$

d. h. um das Maximum zu erlangen, mufs der Widerstand des Drahtes gleich seyn dem Widerstande L' (siehe Diagramm, §. 17) + dem Widerstande des Zweigsystems, das einerseits den Widerstand r, andererseits den Widerstand $\varphi = F + L$ enthält.

19.

Da es schwer gewesen wäre, durch directe Beobachtungen alle die in der Formel VIII vorkommenden Elemente numerisch zu bestimmen, so hatte man sich bei den hiesigen Anlagen begnügen müssen, die Umwicklung der Elektromagnete oder der Multiplicatoren nach dem, durch Uebung in diesen Dingen erlangten Tact einzurichten. Indessen mache ich auf eine practische Methode aufmerksam, deren Durchführung ich mir für die Zukunft vorbehalte, durch welche man aber, wie es scheint, denjenigen Widerstand des Multiplicators, welcher dem Maximo entspricht, wenigstens annähernd wird erfahren können. Man stelle nämlich an der entfernten Station eine, zu Messungen der Stromesstärke eingerichtete Galvanometerbussole auf, bei der man den Leitungswiderstand des Drahtes, den wir durch ϱ bezeichnen wollen, genau kennt. Ist nun aus der Construction der zeichengebenden Apparate die Form der Multiplicatoren u. s. w., oder die gröfstmöglichste Drahtmasse m bekannt, die man zur Verwen-

dung bringen kann, so erhält man diejenige Drahtlänge l, welche dem Widerstande ϱ und der Drahtmasse m entspricht, nämlich:

$$l=\sqrt{\varrho m} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (IX)$$

Ist nun k die gemessene Stromesstärke, so ist die Kraft des Multiplicators:

$$kl=k\sqrt{\varrho m} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (X)$$

Hat man nun in der Kette andere Leitungswiderstände ϱ', ϱ'', ϱ''' u. s. w., und mifst die correspondirenden Stromeskräfte k', k'', k''' u. s. w., so erhält man eine Reihe von Werthen $k'\sqrt{\varrho' m}$, $k''\sqrt{\varrho'' m}$ u. s. w., unter welchen man leicht, entweder durch graphische Verzeichnung oder Rechnung zwei Gränzwerthe wird auffinden können, zwischen denen das dem Maximo entsprechende ϱ liegen mufs. Es versteht sich, dafs es leicht ist, später diese Gränzen so weit zu verengen, als der Grad der gewünschten Genauigkeit erfordert. Mit Hülfe einer gewöhnlichen empfindlichen Bussole, bei der man vorher das Gesetz der Ablenkung empirisch aufgesucht hat, so wie mit Hülfe eines Vorrathes gemessener Leitungswiderstände und des Agometers, dürfte eine grofse Zahl von Beobachtungen in kurzer Zeit angestellt werden können, aus denen sich die Dimensionen des zum zeichengebenden Apparate zu verwendenden Drahtes leicht berechnen lassen.

III. *Zum elektrischen Nebenstrom;* *von K. W. Knochenhauer.*

Als ich die Abnahme des elektrischen Nebenstroms mit der Entfernung vom erregenden Hauptdrahte von demselben Gesetze abhängig gefunden hatte, nach welchem die Quantität der gebundenen Elektricität bestimmt wird, sprach ich die Ansicht aus, dafs beide Hergänge, die Entstehung der gebundenen Elektricität sowohl, als des Nebenstroms, auf gleiche Weise erklärt werden müfsten. Gegen diese Ansicht können aber, so viel ich sehe, noch zwei Bedenken erhoben werden; denn zuerst läfst es sich in Zweifel ziehen, ob das Gesetz über die gebundene Elektricität, welches bei zwei Kugeln gefunden worden ist, auch auf zwei neben einander gespannte Drähte, wo die Längendimensionen vorwalten, unmittelbar übertragen werden dürfe, und zweitens fragt sich, wie weit man überhaupt von freier Elektricität auf dem Schliefsungsdrahte der Batterie zu reden befugt sey, da hier der Strom das Innere des Drahts durchdringt, während die freie Elektricität sonst nur an der Oberfläche haftet. Ueber diese beiden Punkte hoffe ich durch die nachstehenden Versuche einige nähere Auskunft zu geben.

Dafs der Schliefsungsdraht einer Batterie bei ihrer Entladung nicht ganz der freien Elektricität ermangelt, kann man schon aus der bekannten Thatsache folgern, dafs der Strom von der Leitung auf einen andern ihm genäherten Draht überspringt, wenn dieser auf kürzerem Wege zur Aufsenseite der Batterie überführt. Noch deutlicher wird diefs, wenn man von dem Schliefsungsdrahte einen andern Draht seitwärts abgehen und in eine Spitze endigen läfst; setzt man dieser eine Harzplatte gegenüber oder in geringem Abstande die Kugel eines Elek-

trometers, so zeigt sich im ersteren Falle eine elektrische Figur, im anderen wird das Elektrometer mit derjenigen Elektricität geladen, welche sich auf der Innenseite der Batterie befindet. (Ich bemerke dabei, dafs bei allen Versuchen die Aufsenseite meiner Batterie mit dem Erdboden in einer gut leitenden Verbindung stand, indem ein, fast eine Linie starker Eisendraht bis in das an meiner jetzigen Wohnung vorbeifliefsende Wasser führt.) Am stärksten tritt die freie Elektricität auf dem seitwärts abgehenden Drahte hervor, wenn hinter demselben, d. h. nach der äufseren Belegung zu, der Schliefsungsbogen mit einer Wasserröhre unterbrochen ist; hier wird die freie Elektricität selbst bei ganz schwachen Ladungen der Batterie bedeutend, während sie hinter der Wasserröhre fehlt. — Ich benutzte nun zunächst diese freie Elektricität, um durch sie auf einem anderen Drahte gebundene zu erzeugen, und ihre Stärke bei wechselnden Abständen aus der Stärke der frei gewordenen zu messen. Zu diesem Behufe spannte ich die beiden 19' langen Kupferdrähte II (Annal., Bd. 64, S. 75) in den früher beschriebenen Gestellen isolirt aus, und liefs durch den einen die Entladung der Batterie von vier Flaschen hindurchgehen; hinter diesem gespannten Drahte brachte ich, um recht sicher zu gehen, zwei sich auf einander folgende Wasserröhren an, die eine von $6\frac{3}{4}$ Zoll Länge (gemessen zwischen den Spitzen der in die Röhre hineingehenden Drähte) und von $3\frac{1}{2}$ Lin. inneren Durchmesser, die andere $10\frac{1}{2}$ Zoll lang und 2 Lin. im Lichten weit. Ferner führte ich von dem Nebendrahte aus seinem oberen, mit Quecksilber gefüllten Napfe einen isolirten Draht zu einer gleichfalls isolirten feinen Nähnadel, die mit der freien Spitze nach unten in einer Glasröhre eingekittet war, in welcher sich zur Verbindung Quecksilber befand. Diese Spitze war verstellbar, und wurde in eine passende Entfernung von der äufsern Kugel der Coulomb'schen Drehwage gebracht, die gerade

eben so vorgerichtet war, wie ich mit ihr meine früheren Versuche gemacht hatte (Bd. 56, S. 47). Der untere Napf des Nebendrahts blieb frei oder isolirt. Die Spitze strömte bei positiver Ladung der Batterie positive Elektricität aus, und ich beobachtete, indem der Abstand der gespannten Drähte im Lichten genommen zuerst 3 Lin. oder 1d, dann 12 Lin. oder 4d betrug, folgende Ablenkungswinkel x an der Coulomb'schen Drehwage:

1d. 29°, 29, 29¼, 28½, 29, 29¼, 28, 28½; Mittel $x = 28°49'$,
4d. 20°, 21½, 20½, 20½, 20½, 20, 21, 19½; Mittel $x = 20°26'$.

Berechnet man die Gröfse b für die ausgeströmte Elektricität nach den, Bd. 58, S. 42 und 43, mitgetheilten Formeln aus:

$$b^{\sqrt{d}} = \alpha \sqrt{\left(\sin\frac{x}{2} \tang\frac{x}{2}\right)},$$

worin α eine Constante bezeichnet, so erhält man aus beiden Angaben:

$$\log b = 0{,}84951 - 1,$$

eine Gröfse, welche mit dem am angeführten Orte, S. 214, gefundenen Mittelwerthe von $\log b = 0{,}84964 - 1$ vollkommen übereinstimmt. — Dieser Versuch blieb indefs mit besonderen Schwierigkeiten verbunden. War die Spitze so eingestellt, dafs bei $d = 1$ ein passender Winkel für x erfolgte, so wollte sie oft bei $d = 4$ die Elektricität nicht mehr ausströmen lassen; wurde sie dagegen zuerst für $d = 4$ eingestellt, so war die Elektricität für $d = 1$ zu grofs, und die Angaben der Drehwage fielen eben so, wie es sich früher gezeigt hatte, zu klein aus. Um diesen Uebelstand zu entfernen, hatte ich zunächst die innere Kugel der Drehwage mit einer Messingkugel von 4 Lin. Durchmesser vertauscht, und die äufsere mit einer von 15 Lin. Durchmesser, die, oben eingebogen, die Spitze in dieser Versenkung aufnahm. Da aber auch diefs noch zu keinen überall sicheren Resultaten führte, so änderte ich die Ladungen der Batterie bei den wechselnden Abständen der Drähte, und stellte die Kugeln des Henley'schen Ausladers jedesmal

in eine solche Entfernung von einander, dafs die Drehwage immer nahe denselben Winkel gab. Durch dieses Verfahren erreichte ich endlich nicht nur die verlangte Sicherheit in den Beobachtungen, sondern ich konnte auch noch dem Bedenken begegnen, dafs vielleicht bei wechselnder Stärke der Elektricität die Spitze nicht mit zu derselben proportionalen Kraft ausströme. Die Ladung der Batterie bestimmte ich das eine Mal nur nach den Umdrehungen der Scheibe, das andere Mal zugleich nach diesen und hinterher mit der Lane'schen Flasche, indem ich die Batterie über die Kugeln des Ausladers allein entlud. Bei den Versuchen nämlich konnte die Lane'sche Flasche nicht unmittelbar angewandt werden, weil sich auf der Aufsenseite der Batterie keine freie Elektricität ansammeln durfte, die, auf den gespannten Draht übergehend, den Draht des Nebenstroms afficirt hätte. Die Beobachtungen ergeben:

Erster Versuch.

	$d=1$.			$d=4$.	
	Umdr.	x		Umdr.	x.
	$6\frac{1}{4}$	37°		$7\frac{7}{8}$	34°
	$6\frac{1}{8}$	$36\frac{1}{2}$		$7\frac{7}{8}$	35
	6	38		8	36
	6	38		$8\frac{1}{8}$	36
	6	$38\frac{1}{4}$		$7\frac{7}{8}$	35
Mittel	6,08	37° 33′	Mittel	7,95	35° 12′

Hieraus nach $b^{\sqrt{d}}, \frac{\alpha}{U}\sqrt{\left(\sin\frac{x}{2}\tang\frac{x}{2}\right)}$, worin U die Anzahl der Umdrehungen der Scheibe bezeichnet:

$$\log b = 0{,}85495 - 1.$$

Zweiter Versuch.

$d=1$.

Umdr.	x.	L. F.
$7\frac{3}{4}$	$33\frac{1}{2}^{\circ}$	22
$7\frac{3}{4}$	$31\frac{1}{2}$	22
$7\frac{3}{4}$	34	22
$7\frac{7}{8}$	32	23
$7\frac{3}{4}$	34	22
$7\frac{3}{4}$	$32\frac{1}{2}$	Mitt. 22,2
$7\frac{3}{4}$	$30\frac{1}{2}$	
$7\frac{1}{2}$	31	
$7\frac{1}{2}$	$33\frac{1}{2}$	
$7\frac{1}{2}$	$34\frac{1}{2}$	
Mitt. 7,69	$32^{\circ}\ 42'$	

$d=4$.

Umdr.	x.	L. F.
11	$34\frac{1}{2}^{\circ}$	32
11	$33\frac{1}{2}$	32
$10\frac{3}{4}$	32	31
$10\frac{1}{2}$	33	31
11	32	31
$11\frac{1}{4}$	33	Mitt. 31,4
$10\frac{3}{4}$	33	
11	33	
11	$34\frac{1}{2}$	
11	$35\frac{1}{2}$	
Mitt. 10,92	$33^{\circ}\ 24'$	

$d=9$.

Umdr.	x.	L. F.
$16\frac{3}{4}$	$31\frac{1}{2}^{\circ}$	46
17	$33\frac{1}{2}$	$46\frac{1}{2}$
$16\frac{3}{4}$	34	46
17	34	47
$17\frac{1}{4}$	$33\frac{1}{2}$	$47\frac{1}{2}$
$16\frac{3}{4}$	$34\frac{1}{2}$	Mitt. 46,6
$16\frac{3}{4}$	33	
17	$34\frac{1}{2}$	
$17\frac{1}{4}$	35	
$17\frac{1}{4}$	$33\frac{1}{2}$	
Mitt. 16,98	$33^{\circ}\ 42'$	

Setzt man 22,2 L. F. $=7{,}69\ U$, so ist 31,4 L. F. $=10{,}88\ U$ und 46,6 L. F. $=16{,}14\ U$, demnach im Mittel bei $d=1$ $U=7{,}69$, bei $d=4$ $U=10{,}90$ und bei $d=9$ $U=16{,}56$. Hiemit erhält man nach der vorstehenden Formel:

aus $d=1$ und $d=4$: $\log b=0{,}85784-1$,
aus $d=1$ und $d=9$: $\log b=0{,}85360-1$,
aus $d=4$ und $d=9$: $\log b=0{,}84936-1$,
im Mittel $\log b=0{,}85327=1$.

Da auch diese Werthe von $\log b$ mit dem früher gefundenen recht gut übereinstimmen, so dürfen wir daraus sicher den Schlufs ziehen, dafs die Quantität der gebundenen Elektricität auch bei zwei gespannten Drähten demselben Gesetze folgt, welches bei zwei Kugeln stattfindet. Somit wäre der eine Punkt vollständig erledigt.

Was den andern Punkt betrifft, die Anwesenheit der freien Elektricität auf dem Schliefsungsdrahte, so lehren eben diese Versuche, dafs auf der Leitung vor den Wasserröhren freie Elektricität vorhanden ist, die die beobachteten Wirkungen hervorbringt, dafs diese aber hinter den Wasserröhren fehlt, weil die Wirkungen ausbleiben, wenn man jene vor dem gespannten Drahte einschaltet. Es durchströmt indefs die Ladung der Batterie den ganzen Schliefsungsdraht, sey es auch hier in einem so langen Zeitraume, dafs sich kein Nebenstrom mit dem Luftthermometer auffinden läfst; wir werden demnach gezwungen seyn, die freie Elektricität, die nur auf einem Theile der Leitung vorhanden ist, von der von der Innenseite der Batterie zur Aufsenseite, also die ganze Leitung hindurchströmenden zu unterscheiden, und wollen, um sie beide kürzer zu bezeichnen, jene den äufsern, diese den innern Strom nennen. Ueberdiefs ist auch die Richtung dieser beiden Ströme jedenfalls ungleich; der innere Strom geht von der inneren Belegung der Batterie zur äufseren über, der äufsere dagegen kann nur an der Wasserröhre, als dem Hindernisse in der Leitung, zuerst auftreten, mufs sich von hier aus rückwärts zur Innenseite der Batterie verpflanzen, und hinterher erst, wenn der innere Strom abgelaufen ist, sich gleichfalls nach dem Erdboden begeben; er hat also eine doppelte Richtung, getrennt der Zeit nach. Ueber das Verhalten des inneren Stroms haben uns die bisherigen Beobachtungen mit dem Luftthermometer vielfachen Aufschlufs gegeben; das Verhalten des äufseren läfst sich schwerer ermitteln, und ich habe ihn bisher nur durch die elektrischen Figuren einigermafsen verfolgen können, da diese nicht überall ein umfassendes Urtheil gestatten. Ich würde deshalb Bedenken tragen diese meine Beobachtungen vollständiger darzulegen, wenn nicht mehrere von diesen Figuren schon an und für sich einen so schönen Anblick gewährten, dafs es sich wohl

der

der Mühe lohnt, sie in ihren mannichfaltigen Gestalten darzustellen und die Umstände kennen zu lernen, unter welchen sich die prächtigsten von ihnen zeigen. Zur Darstellung dieser Figuren habe ich mich eines runden Blechtellers von $6\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser bedient, der mit einer dünnen Schellackschicht angefüllt ist; er lag auf einem isolirten Gestelle, ward vor jeder Beobachtung über eine Spirituslampe zur Entfernung der auf ihm etwa zurückgebliebenen Elektricität gehalten, und konnte nach Umständen mit dem Erdboden oder mit dem Nebendraht in leitende Verbindung gesetzt werden. Die ausströmende Spitze bildete eine starke Nähnadel, die halb in einer mit Quecksilber gefüllten Glasröhre eingekittet war, und isolirt nur mit der Last der Röhre, also jedesmal gleichmäfsig, auf der Harzplatte aufstand. Von dem Quecksilber gingen die die Elektricität zuführenden Drähte aus. Die Spitze strömt in den meisten Fällen positive und negative Elektricität zu gleicher Zeit aus, von denen jene die Strahlen bildet. Ist nämlich die positive Elektricität noch in den Strahlen sichtbar, so bildet die Figur, wenn sie mit Schwefelblumen überstreut wird, zuerst einen mehr oder weniger von Schwefel freien Kreis, darum liegt ein Ring von kürzeren oder längeren Strahlen, die mit wenigen Ausnahmen, wo sie sperrig oder büschelweise stehen, sämmtlich als verlängerte Radien aus dem Kreise hervortreten, und bald, wenn sie sehr dicht, flach und lang, oder auch wieder, wenn sie sehr vereinzelt und kurz sind, nur als gerade Striche erscheinen, dagegen wo sie zwar auch zahlreich, aber besonders kräftig hervortreten, mehr oder weniger nach den Seiten ausfahrende Aeste erhalten. Werden diese Figuren mit Mennige bestreut, so habe ich es niemals zu irgend einer scharfen und zuverlässigen Beobachtung bringen können; man erkennt auch hier nur mit Sicherheit den matt hervortretenden Strahlenring. Ich werde daher von diesen Figuren allein den Durchmesser A des inneren Kreises

und den Durchmesser *B* des Strahlenbandes angeben, nämlich wie weit die äufsersten Spitzen der diametral sich gegenüberstehenden Strahlen von einander entfernt sind. Wenn dagegen die Strahlen in einer Figur fehlen und diese das Vorhandenseyn der negativen Elektricität allein angiebt, so findet man, wenn man sie mit Mennige bestreut, erst ein deutliches Centrum, dann einen ziemlich feinen Kreis, darum einen dicht mit Mennige bedeckten, mehr oder weniger breiten Ring, und darum wieder eine freie Zone. Streut man jetzt Schwefelblumen darauf, so bedecken diese ein wenig das Centrum und dann erst gleichförmig die Harzplatte hinter der freien Zone. Ich werde den Durchmesser des inneren Kreises mit *A*, des Ringes mit *B* und der Zone mit *C* bezeichnen, jedesmal den äufsersten Umfang derselben angebend. Die Beobachtungen wurden wenigstens zwei Mal angestellt, und aus den Messungen das Mittel genommen. Bei allen bestand die Batterie aus vier Flaschen, und wurde abwechselnd mit positiver und negativer Elektricität geladen; der Strom ging zuerst über die Kugeln des Henley'schen Ausladers, die etwa 4 Linien von einander standen, und trat in den unteren Napf des einen ausgespannten Drahts von 19', der als Hauptdraht aufgeführt werden soll; von hier aus ging er entweder durch diesen Draht zur Aufsenseite der Batterie, indem er hinterher theils durch die beiden Wasserröhren gehemmt wurde, theils frei durch einen beiläufig 6' langen, $\frac{1}{7}$ Linie starken Kupferdraht verlief, oder er verfolgte diesen Weg unmittelbar vom unteren Napfe aus, wo dann der Hauptdraht nur einen längeren Ausläufer vom Schliefsungsbogen darstellte. In 3 Lin. Entfernung vom Haupdraht war der ebenfalls 19' lange Nebendraht ausgespannt, auf welchem sich der Nebenstrom erzeugte. Zur Abkürzung will ich den oberen und unteren Napf des Nebendrahts mit *O.* und *U.* bezeichnen, und *P. isol.*, *P. m. E.*, *P. m. O.*, *P. m. U.*, *O. m. E.*, *U. m. E.* sol-

len angeben: dafs der Blechteller der Harzplatte isolirt, mit der Erde, mit dem oberen oder unteren Napf in leitende Verbindung gesetzt war, eben so dafs diese Näpfe zur Erde ableitend verbunden waren. Die Beobachtungen, in denen die Zahlen das Maafs in Pariser Linien angeben, sind folgende:

I. Der Schliefsungsdraht der Batterie geht nicht durch den Hauptdraht, enthält aber die Wasserröhren; die ausströmende Spitze steht mit dem oberen Napf des Hauptdrahts in Verbindung.

1) Positive Ladung der Batterie.

P. isol. *A* 10 *B* 24; der innere Kreis selten vollkommen rund; Strahlen flach und geradlinig.
P. m. E. *A* 21½ *B* 41½; der innere Kreis noch seltener rund; auch in den Strahlen bisweilen leere Flecke.

2) Negative Ladung der Batterie.

P. m. E. *A* 12 *B* 15 *C* 20; recht deutliche negative Figur.
P. isol. *B* 9; ähnlich, aber undeutlich.

II. Schliefsungsdraht wie in No. I, mit Ausschlufs der Wasserröhren; Spitze mit dem oberen Napf des Hauptdrahts verbunden.

1) Positive Ladung der Batterie.

P. isol. *A* 8½ *B* 17½; schöner Ring.
P. m. E. *A* 11½ *B* 21; sehr schöner Ring mit kräftigen Strahlen.

2) Negative Ladung der Batterie.

P. m. E. *A* 9 *B* 13; Kreis bestäubt; Strahlen weitläufig, sperrig, ungleich.
P. isol. *A* 5 *B* 6½; wenige feine, ungleiche Strahlen.

16 *

III. Schliefsungsdraht wie in No. I.

1) Positive Ladung der Batterie.

a) Spitze mit dem oberen Napf des Nebendrahts verbunden.

P. isol. *A* 5 *B* 19½; schöner Ring.
P. m. E. *A* 15 *B* 35; innerer Kreis oft nicht vollkommen rund, und bestäubt bis auf ein freies Centrum.

b) Spitze mit dem unteren Napf des Nebendrahts verbunden.

P. isol. *A* 4 *B* 14½; schöner Ring mit kräftigen Strahlen.
P. m. E. *A* 11½ *B* 29; innerer Kreis bestäubt bis auf das Centrum.

2) Negative Ladung der Batterie.

a) Spitze mit dem oberen Napf des Nebendrahts verbunden.

P. m. E. *A* 9 *B* 12½ *C* nicht scharf; deutliche negative Figur.
P. isol. *B* 4; ähnlich, aber undeutlich.

b) Spitze mit dem unteren Napf des Nebendrahts verbunden.

P. m. E. *A* 8 *B* 11 *C* nicht scharf; negative Figur.

IV. Schliefsungsdraht wie in No. II.

1) Positive Ladung der Batterie.

a) Spitze mit dem oberen Napf des Nebendrahts verbunden.

P. isol. *A* 6 *B* 11; kurze kräftige Strahlen.
P. m. E. *A* 10 *B* 23½; schöner Ring mit kräftigen Strahlen.
P. isol. — *U. m. E.* *A* 7 *B* 12.
P. m. E. — *U. m. E.* *A* 8 *B* 18; etwas matter Ring.

b) Spitze mit dem unteren Napf des Nebendrahts verbunden.

P. isol. *A* 5 *B* 8½; wenige gerade, starke Strahlen.
P. m. E. *A* 8 *B* 20; schöner Ring.
P. isol. — *O. m. E.* *A* 8 *B* 15.
P. m. E. — *O. m. E.* *A* 6½ *B* 15; etwas matter Ring.

2) Negative Ladung der Batterie.

a) Spitze mit dem oberen Napf des Nebendrahts verbunden.

P. m. E. *A* 7 *B* 10½; Kreis bestäubt; Strahlen vereinzelt, sperrig, sehr ungleich.
P. isol. *A* 3; Spuren weniger Strahlen.
P. m. E. — *U. m. E.* *A* 6; Spuren von Strahlen.
P. isol. — *U. m. E.* Nichts.

b) Spitze mit dem unteren Napf des Nebendrahts verbunden.

P. m. E. *A* 6½ *B* 9; Kreis bestäubt; Strahlen vereinzelt, sperrig, sehr ungleich.

Von den vorstehenden Figuren gehören offenbar die unter I und III, eben so die unter II und IV zu einander, da die ersteren durch die freie Elektricität auf dem Hauptdrahte unmittelbar erzeugt werden, die anderen durch die Elektricität, welche von der auf dem Nebendrahte gebundenen frei wird, oder vielmehr in II und IV durch die eigenthümliche Wirkung des inneren Stroms auf den Hauptdraht. Denn nur wenn die Leitung durch die Wasserröhren erschwert und dadurch die Kraft des inneren Stroms gebrochen ist, zeigt der Hauptdraht und Nebendraht vorherrschend diejenige Elektricität, mit welcher die Batterie geladen wird; wenn dagegen der innere Strom Geltung erlangt, so tritt auch die entgegengesetzte Elektricität hervor, wenngleich in so schwachem Grade, dafs die Strahlen der mit negativer Ladung dargestellten Figuren nur vereinzelt und sperrig, d. h. büschelweise, am Rande des Kreises von ungleicher Länge hervortreten. Es möchte deshalb wohl ein Gegenstand der Erwägung seyn, ob nicht die erregende Wirkung des inneren Stroms auf den Hauptdraht eine andere ist, als die, welche von dem äufseren Strom ausgeht. Die Richtung des Stroms auf dem Hauptdrahte giebt sich offenbar als eine vor- und rückwärtsgehende kund, die wahrscheinlich nach beiden Seiten nicht mit ganz gleicher Schnelligkeit erfolgt, denn einmal übt der

Nebendraht an beiden Enden gleiche Wirkungen aus, dann hat er aber wieder am unteren Ende eine etwas geringere Kraft.

V. Der Leitungsdraht der Batterie schliefst den Hauptdraht ohne die Wasserröhren in sich; die Spitze steht mit dem Nebendraht in Verbindung.

1) Positive Ladung der Batterie.

a) Spitze mit dem oberen Napf des Nebendrahts verbunden.

P. isol. Nichts.

P. m. E. *A* 5 *B* 15; schöner Ring mit kräftigen Strahlen.

P. isol. — *U. m. E.* *A* 5 *B* 6; wenige kurze, dicke Strahlen.

P. m. E. — *U. m. E.* Nichts.

P. m. U. *A* 5; bestäubter Kreis mit schwachem Strich umzogen, woran an einigen Stellen Spuren von Strahlen.

b) Spitze mit dem unteren Napf des Nebendrahts verbunden.

P. isol. *A* 6 *B* 11; Ring mit kräftigen Strahlen.

P. m. E. *A* 10 *B* 24; sehr schöner Ring.

P. isol. — *O. m. E.* *A* 4 *B* 8; Strahlen kurz, aber verästelt.

P. m. E. — *O. m. E.* *A* 6 *B* 18; etwas matte Strahlen.

P. m. O. *A* 6 *B* 17; schöner, kräftiger Ring.

2) Negative Ladung der Batterie.

a) Spitze mit dem oberen Napf des Nebendrahts verbunden.

P. isol. Nichts.

P. m. E. Nichts, oder kleiner bestäubter Fleck.

P. isol. — *U. m. E.* *A* $7\frac{1}{2}$ *B* 11; Ring mit verästelten Strahlen.

P. m. E. — *U. m. E.* *A* 7 *B* $16\frac{1}{2}$; Strahlen ziemlich kräftig.

P. m. U. *A* 6 *B* $18\frac{1}{2}$; schöner Ring mit zahlreichen verästelten Strahlen.

b) Spitze mit dem unteren Napf des Nebendrahts verbunden.

P. isol. Ein Paar verworrene Striche.

P. m. E. *A* 6; am Kreise einzelne sperrige, ungleiche Strahlen.

P. isol. — *O. m. E.* *A* 5; Spuren von Strahlen.

P. m. E. — *O. m. E.* *A* 6; Kreis bestäubt, daran einige sehr kleine Strahlen.

P. m. O. *A* 3; Spuren von Strahlen.

VI. Leitungsdraht wie No. V, mit Einschlufs der Wasserröhren; die Spitze steht mit dem Nebendrahte in Verbindung.

1) Positive Ladung der Batterie.

a) Spitze mit dem oberen Napf des Nebendrahts verbunden.

P. isol. *A* $3\frac{1}{2}$ *B* 17; sehr schöner Ring mit kräftigen Strahlen.

P. m. E. *A* $14\frac{1}{2}$ *B* 32; Kreis bestäubt, nur in der Mitte frei; Strahlen dicht.

P. m. U. *A* $5\frac{1}{2}$ *B* $7\frac{1}{2}$; wenige kurze Strahlen.

Bei *P. isol.* — *U. m. E.* und *P. m. E.* — *U. m. E.* springt der Funke auf den Nebendraht über, weshalb die Figuren eigentlich unter No. IV fallen. Man bekommt:

P. isol. — *U. m. E.* *A* $8\frac{1}{2}$ *B* 19; sehr schöner Ring mit starken Strahlen.

P. m. E. — *U. m. E.* *A* 7 *B* 19; ebenfalls sehr schöner Ring.

b) Spitze mit dem unteren Napf des Nebendrahts verbunden.

P. isol. *A* 3 *B* 15; starke Strahlen.

P. m. E. *A* $13\frac{1}{2}$ *B* 31; innerer Kreis gewöhnlich nicht rund, bestäubt und nur in der Mitte frei.

P. m. O. *A* $6\frac{1}{2}$ *B* 8; wenige kurze Strahlen.

P. isol. — *O. m. E.* *A* 10 *B* 19; schöner Ring.

P. m. E. — *O. m. E.* *A* 8 *B* 23; desgleichen.

In den beiden letzten Fällen springt wieder der Funke über.

2) Negative Ladung der Batterie.

Spitze mit dem oberen Napf des Nebendrahts verbunden.

P. m. E. $A\,7\frac{1}{7}$ B 13 C 17; deutliche negative Figur.
P. isol. A 2 B 4 C 6; undeutlich.

Die übrigen Figuren lassen sich schon nach diesen Angaben aus den Ergebnissen mit positiver Ladung entnehmen. — Die vorstehenden Thatsachen wird man am leichtesten auffassen, wenn man von No. VI ausgeht, wo der Hauptdraht nur durch den äufseren Strom wirkt, und von einem vollkommen geschwächten inneren Strom durchflossen wird. Jener läfst auf dem Nebendrahte die ihm gleiche Elektricität auftreten, und da er sie aus beiden Enden gleichmäfsig heraustreibt, so mufs man ihm wiederum eine doppelte Richtung beilegen. Ist die Platte isolirt, so sind die Wirkungen schwächer, als wenn man die Verbindung mit dem Erdboden herstellt, indem jetzt, wie es in ähnlichen Fällen stattfindet, die Spitze mit gröfserer Leichtigkeit ausströmt. Wo die beiden Enden des Nebendrahts sich auf der Platte entgegenwirken, verschwinden die Erscheinungen, wie natürlich, fast gänzlich. Bei No. V haben wir auf dem Hauptdrahte einen kräftigen inneren Strom mit einer festen Richtung; dieser wirkt auf den Nebendraht so ein, dafs er die ihm entgegengesetzte Elektricität zwar vorherrschend, doch, wie bei No. II und IV, nicht allein aus dem oberen Ende, die ihm gleiche eben so aus dem unteren heraustreibt. Zu gleicher Zeit kann aber auch der äufsere Strom nicht ganz fehlen, und da dieser aus beiden Enden die ihm gleiche Elektricität herausführt, so giebt der obere Napf bei positiver Ladung der Batterie positive und negative Elektricität zugleich, der untere dagegen vorherrschend positive; eben so bei negativer Ladung der obere negative und positive Elektricität zugleich, der untere vorherrschend nur negative, der aber, wie die Figuren zeigen, immer noch gerade so viele positive bei-

gemischt ist, dafs Spuren von Strahlen auftreten, die, wie in No. II und IV, die negative Figur nicht zu ihrer Vollendung kommen lassen. Mit diesen Daten wird man sich leicht durch die Beobachtungen hindurchfinden. Dafs übrigens bei einer Figur, die selbst kräftige Strahlen zeigt, die ausströmende Spitze mehr negative als positive Elektricität hergeben kann, lehrte eine Beobachtung mit der Coulomb'schen Drehwage, der die Spitze bei negativer Ladung der Batterie gegenüberstand, während das untere Ende des Nebendrahts mit dem Erdboden in leitender Verbindung war; dieser Fall entspricht unter No. V der Figur 2 *a*) *P. isol.* — *U. m. E.*, wo die Drehwage mit negativer Elektricität geladen wurde.

Fassen wir die Resultate aus den vorstehenden Beobachtungen zusammen, so ergiebt sich erstens, dafs auch bei parallel gespannten Drähten die Quantität der gebundenen Elektricität von derselben Formel abhängt, wie bei zwei Kugeln, und zweitens, dafs man den inneren Strom der Batterie nicht unmittelbar als freie Elektricität ansehen und daraus seine Wirkung erklären dürfe. Wenn derselbe indefs einen inneren Nebenstrom erzeugt, dessen Stärke bei wechselnden Abständen der Drähte unter demselben Gesetze steht, wie der äufsere Nebenstrom, der von freier Elektricität hervorgerufen wird, so steht wohl zu erwarten, dafs wir, wenn uns die Entstehungsweise der gebundenen Elektricität bekannt seyn wird, auch die Entstehungsweise des inneren oder eigentlichen elektrischen Nebenstroms nach denselben Principien werden erklären können.

Meiningen, im Juli 1845.

IV. *Einige Bemerkungen zu Hrn. Schröder's Abhandlung: „Ueber den Einfluſs der Elemente auf die Siedhitze"* [1]; *von C. Löwig.*

Dritte Abhandlung.

In der in der Ueberschrift genannten Abhandlung finden sich S. 402 folgende mich betreffende Stellen:

»Vor Kurzem ist Bogen 1 bis 18 von Löwig's Chemie der organischen Verbindungen erschienen; derselbe theilt, nachdem ihm meine Schrift bekannt wurde, nachträglich noch einige Ansichten über die Siedhitze der Verbindungen mit.« »»Nur um zu zeigen««, sagt derselbe sonderbarerweise in seiner Vorrede, »»daſs sich auch ohne die Schröder'schen Componenten die Siedhitze der organischen Verbindungen bestimmen lasse, habe ich die §. 140 mitgetheilten Berechnungen angestellt.««

»Löwig hat in dem Bogen, in welchem er eigentlich von den Siedpunkten spricht, §. 55, S. 82 bis 90 seiner Schrift, welche nach einer Angabe desselben in der Vorrede bereits gedruckt waren, ehe ihm meine Schrift [2]) zu Gesicht gekommen ist, *nichts* gesagt von dem *Einfluſs der Elemente* auf die Siedhitze; nachher erst fand er sich veranlaſst in §§. 138 bis 144 eine Ergänzung zu dem in §. 55 Mitgetheilten nach dem in der Vorrede angegebenen sonderbaren Grunde zu geben. Hier spricht er von dem Einfluſs der Elemente auf die Siedhitze.«

Hr. Schröder legt besonderen Nachdruck darauf, daſs ich erst, nachdem mir seine Schrift zugekommen,

1) S. Annalen, Bd. 64, S. 367.

2) Die Siedhitze der chemischen Verbindungen etc. Mannheim bei Bassermann, 1844.

von dem Einflusse der Elemente auf die Siedhitze spreche, und giebt sehr deutlich zu verstehen, dafs ich vorher von einem solchen Einflufs keine Ahnung gehabt; erst durch dieselbe sey ich der Sache auf die Spur gekommen, und habe nun die angeführten Berechnungen vorgenommen.

Nun sage ich §. 52 meiner organischen Chemie: »Die *Flüchtigkeit* und *Nichtflüchtigkeit* einer organischen Verbindung wird bedingt:

1) *durch die Elementarzusammensetzung*,
2) *durch die Anzahl und Verdichtung der einfachen Atome, welche in der chemischen Verbindung vorkommen*, und
3) *durch die Ordnung, zu welcher die Verbindung gehört*.

Bei den meisten organischen Verbindungen fehlen genaue Angaben über den Siedpunkt; eben so sind die richtigen Atomgewichte, die Verbindungs- und Verdichtungsverhältnisse der Bestandtheile im gasförmigen Zustande vieler organischer Verbindungen noch gänzlich unbekannt. Da aber diese Verhältnisse auf die Flüchtigkeit der organischen Verbindungen den wesentlichsten Einflufs ausüben, so läfst sich, so lange dieselben nicht auf das Schärfste bestimmt sind, etwas Allgemeines über den Antheil, den die näheren und entfernteren Bestandtheile auf die Flüchtigkeit einer organischen Verbindung haben, nur *annäherungsweise* angeben. Jedoch liegen Beobachtungen vor, welche auf Gesetzmäfsigkeit in genannter Beziehung schliefsen lassen«.

Ferner in §. 55:
»Die Flüchtigkeit einer organischen Verbindung wird hauptsächlich durch den *Wasserstoff* bedingt . . . . . . Auch der *Stickstoff* trägt bis zu einem gewissen Grade zur Flüchtigkeit bei . . . . . . Wie der Wasserstoff die Flüchtigkeit erhöht, vermindert der *Kohlenstoff* dieselbe. Je mehr die Kohlenstoffatome in einer Verbindung, so-

wohl in absolutem als relativem Verhältnifs, zunehmen, desto vollständiger gehen dieselben in den nicht flüchtigen Zustand über. Auch der *Sauerstoff* vermindert bis auf einen gewissen Grad (ohne Zweifel wegen der Condensation, welche bei seiner Verbindung stattfindet, §. 140) die Flüchtigkeit der organischen Verbindungen.«

Es folgen nun die Beobachtungen von Kopp, Schiel, Rieckher. In den Paragraphen 58 bis 62 spreche ich von dem Einflufs, den die näheren Bestandtheile auf den Siedpunkt einer Verbindung höherer Ordnung ausüben, und dennoch behauptet Hr. Schröder, in all den citirten Paragraphen stehe *nichts* von einem solchen Einflusse. Nun habe ich keine bestimmten Werthe angegeben, weil die zahlreichen Berechnungen, welche ich vorgenommen, mich noch zu keinen bestimmten Resultaten geführt hatten, und auch später würde ich die Berechnungen nicht mitgetheilt haben, wenn es nicht Pflicht gewesen wäre, sich gegen die gränzenlosen Willkührlichkeiten des Hrn. Schröder auszusprechen. Hierin liegt die einfache Lösung »*des sonderbaren Grundes*«. In einer Note, S. 183, meiner organischen Chemie sage ich: »Die mitgetheilten Zahlenverhältnisse bedürfen noch der *sorgfältigsten* und *umsichtigsten* Prüfung . . . . . . Die Veranlassung zu ihrer Mittheilung gab eine Abhandlung von Schröder, in welcher derselbe zu beweisen sucht, dafs alle organische Verbindungen aus 7 Componenten bestehen sollen etc.«, was ich gleich für unrichtig erkannte. Will Hr. Schröder im 2. Bande der ersten Auflage meine organische Chemie nachsehen, so wird er daselbst ein Kapitel mit der Ueberschrift finden: »Wird die Flüchtigkeit einer organischen Verbindung von ihrer Zusammensetzung bedingt, und welchen Antheil haben die einzelnen Bestandtheile an der Flüchtigkeit und Nichtflüchtigkeit der Verbindungen?« und er wird sich überzeugen, dafs sich dieses Kapitel in den §§. 54 und 55 in der zweiten Auflage abgedruckt findet, und S. 575

heifst es: »Es läfst sich daher als Regel angeben, dafs bei organischen Verbindungen, *welche auf derselben Stufe der Zusammensetzung* stehen, die Verbindungen um so flüchtiger sind, je einfacher ihre Elementarzusammensetzung ist, je *mehr Wasserstoff* und je *weniger Sauerstoff* und *Kohlenstoff* dieselben enthalten«.

Da Hr. Schröder, wie aus seinen früheren Schriften bekannt ist, viel auf Priorität hält, so mufs ich, um nicht wieder in einen ähnlichen Verdacht bei Hrn. Schröder zu kommen, noch eine Bemerkung machen. Im 3. Hefte des laufenden Jahrgangs dieser Annalen befindet sich die oben citirte Abhandlung desselben: über den Einflufs der Elemente auf die Siedhitze, und im 4. Hefte komme ich ebenfalls auf denselben zu sprechen. Meine Abhandlung ist vom 1. Januar datirt, und ich habe sie in der ersten Woche des Januars an Poggendorff abgesandt. Die Abhandlung des Hrn. Schröder bringt das Datum vom 12. Januar. Obgleich nun Hrn. Schröder's Abhandlung früher erschien, als die meinige, so war die letztere jedenfalls doch eher in den Händen der Redaction, als die des Hrn. Schröder.

Der Zweck der folgenden Blätter ist: *zu beweisen, dafs auf der von Hrn. Schröder eingeschlagenen Bahn kein Ziel in Beziehung auf die Siedpunkte der organischen Verbindungen zu erreichen, dafs überhaupt seine ganze Untersuchungsweise in jeder Beziehung willkührlich und unwissenschaftlich ist.* Ich werde jedoch Hrn. Schröder vor der Hand unberücksichtigt lassen, und erst am Ende der Abhandlung wieder auf denselben zuzückkommen.

Die organischen Verbindungen zerfallen, in Beziehung auf die relative und absolute Anzahl der Kohlen- und Wasserstoffatome, in zwei grofse Klassen. In die erste gehören die Verbindungen, welche entweder gleich viel Atome Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten, oder in denen das eine dieser Elemente um 1 At. überwiegt,

In den Verbindungen der zweiten Klasse prädominiren die Kohlenstoffatome über die des Wasserstoffs.

Die Verbindungen der ersten Klasse, welche ich im Folgenden einer reiferen Betrachtung unterwerfen werde, zerfallen in vier Gruppen. Die Glieder jeder Gruppe lassen sich auf Grundverbindungen oder Grundradicale zurückführen, und geht man von diesen Grundverbindungen aus, so erhält man eine Reihe, in der jedes folgende Glied sich von dem vorhergehenden um $C_2 H_2$ unterscheidet. Das Verhältnifs der Kohlen- und Wasserstoffatome ist daher in den Verbindungen, welche zu ein und derselben Gruppe gehören, nur *relativ* verschieden, *absolut* aber immer das Gleiche. Die Grundradicale dieser vier Gruppen sind:

1. Gruppe.	2. Gruppe.	3. Gruppe.	4. Gruppe.
$C_2 H_3$	$C_2 H_2$	$C_2 H$	CH.

Durch Hinzutreten von $C_2 H_2$ zu jeder Grundverbindung bildet sich stets ein neues Radical, welches aber in seinen chemischen Verhältnissen mit dem Grundradical übereinkommt. Nur die physikalischen Verhältnisse, Atomvolume, Siedpunkt verändern sich, jedoch in sehr einfachen Proportionen. Die aufsteigenden Glieder dieser Gruppen sind daher:

Glied.	1. Gruppe.	2. Gruppe.	3. Gruppe.	4. Gruppe.
1.	$C_2 H_3$	$C_2 H_2$	$C_2 H$	$C H$
2.	$C_4 H_5$	$C_4 H_4$	$C_4 H_3$	$C_3 H_3$
3.	$C_6 H_7$	$C_6 H_6$	$C_6 H_5$	$C_5 H_5$
4.	$C_8 H_9$	$C_8 H_8$	$C_8 H_7$	$C_7 H_7$
5.	$C_{10} H_{11}$	$C_{10} H_{10}$	$C_{10} H_9$	$C_9 H_9$
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
16	$C_{32} H_{33}$	$C_{32} H_{32}$	$C_{32} H_{31}$	$C_{31} H_{31}$

Kennt man daher die Gruppe, zu welcher eine Verbindung gehört, so kommt man auf die wesentlichsten chemischen Eigenschaften derselben, und weifs man, dafs z. B. die Verbindung das vierte Glied der Reihe ist, so

kennt man auch seine Atomzusammensetzung. Bis jetzt sind zwar künstliche Glieder, welche zu einer Gruppe gehören, noch nicht bekannt; die entsprechenden Glieder jeder Gruppe können aber in einander übergehen. So entstehen durch Verlust von H_2 aus der ersten Gruppe die entsprechenden Verbindungen der dritten Gruppe, und aus der dritten Gruppe bilden sich durch Verlust von C die entsprechenden Glieder der vierten Gruppe. So entspricht

dem Methyl	$C_2\ H_3$	der Formyl	$C_2\ H$	
- Aethyl	$C_4\ H_5$	- Acetyl	$C_4\ H_3$	
- Amyl	$C_{10}H_{11}$	- Valeryl	$C_{10}H_9$	
- Cethyl	$C_{32}H_{33}$	die Verbind.	$C_{32}H_{31}$	in der Aethalsäure.

Ferner:

dem Acetyl	$C_4\ H_3$	die Verbindung	$C_3\ H_3$
- Butyryl	$C_8\ H_7$	- - -	$C_7\ H_7$
- Valeryl	$C_{10}H_9$	- - -	$C_9\ H_9$.

Die Glieder der dritten Reihe sind fast vollständig bekannt, und die Annahme, dafs jede Verbindung der dritten Reihe eine entsprechende in der ersten und zweiten Gruppe habe, gehört gewifs nicht in das Reich der reinen Hypothese.

Die bekannten Glieder der ersten Gruppe geben mit 1 At. Sauerstoff Verbindungen, welche sich wie Basen verhalten, indem sie mit Wasser und der Säure salzartige Verbindungen bilden. Diese Verbindungen sind von allen organischen Verbindungen die wasserstoffreichsten, wodurch ohne Zweifel ihre vorherrschend basischen Charaktere bedingt werden. Auch die Glieder der vierten Gruppe verbinden sich mit 1 At. Sauerstoff; diese Oxyde sind aber indifferent, wenigstens vereinigen sie sich nicht mit Wasser und den Säuren. Die Glieder der dritten Gruppe sind die eigentlich elektronegativen Radicale; sie verbinden sich fast alle mit 3 At. Sauerstoff, und geben eine zahlreiche Klasse von organischen Säuren; da-

gegen verhalten sich die Glieder der zweiten Gruppe mehr wie das wasserfreie Ammoniak, und geben z. B. mit der Schwefelsäure gepaarte Säuren erster Ordnung. Die Sauerstoffverbindungen dieser Gruppen sind daher:

Glied.	1. Gruppe.	3. Gruppe.	4. Gruppe.	
1.	$C_2 H_3 ,O$	$C_2 H ,O_3$	$C H ,O$	Formilen?
2.	$C_4 H_5 ,O$	$C_4 H_3 ,O_3$	$C_3 H_3 ,O$	Aceton
3.	$C_6 H_4 ,O$	$C_6 H_5 ,O_3$	$C_5 H_5 ,O$	
4.	$C_8 H_9 ,O$	$C_8 H_7 ,O_3$	$C_7 H_7 ,O$	Butyron
5.	$C_{10} H_{11} ,O$	$C_{10} H_9 ,O_3$	$C_9 H_9 ,O$	Valeron
6.	$C_{12} H_{13} ,O$	$C_{12} H_{11} ,O_3$	$C_{11} H_{11} ,O$	Capronom
7.	$C_{14} H_{15} ,O$	$C_{14} H_{13} ,O_3$	$C_{13} H_{13} ,O$	Oenanthon?
8.	$C_{16} H_{17} ,O$	$C_{16} H_{15} ,O_3$	$C_{15} H_{15} ,O$	Caprylon

u. s. w.

Diese Verbindungen der ersten und dritten Gruppe besitzen nun die Eigenschaft, sich mit 1 At. Wasser zu Hydraten zu verbinden; in dem Verhältnifs als die Glieder aufsteigen, werden die Hydrate in Wasser unlöslicher, zuletzt gar nicht mehr löslich, lösen sich aber dann in Weingeist und Aether. Die Hydrate dieser Verbindungen sind:

Glied.	1. Gruppe.	3. Gruppe.
1.	$C_2 H_3 O , HO = C_2 H_4 O_2$	$C_2 H O_3 , HO = C_2 H_2 O_4$
2.	$C_4 H_5 O , HO = C_4 H_6 O_2$	$C_4 H_3 O_3 , HO = C_4 H_4 O_4$
3.	$C_6 H_7 O , HO = C_6 H_8 O_2$	$C_6 H_5 O_3 , HO = C_6 H_6 O_4$
4.	$C_8 H_7 O , HO = C_8 H_{10} O_2$	$C_8 H_7 O_3 , HO = C_8 H_8 O_4$
5.	$C_{10} H_{11} O , HO = C_{10} H_{12} O_2$	$C_{10} H_9 O_3 , HO = C_{10} H_{10} O_4$

u. s. w.

Da sich nun die Oxyde der ersten Gruppe mit der Säure der dritten Gruppe verbinden, so folgt, dafs wenn das erste Glied der ersten Gruppe sich mit dem zweiten Gliede der dritten Gruppe verbindet, in beiden Verbindungen die Zahl der Atome gleich seyn mufs, und dafs diese Verbindungen isomer seyn müssen mit dem Hydrat des dritten Gliedes der Gruppe 3. Das Gleiche mufs stattfinden, wenn sich das erste Glied der ersten Gruppe mit dem dritten Glied der zweiten Gruppe, und das

das zweite Glied der ersten Gruppe sich mit dem zweiten Glied der zweiten Gruppe vereinigt; die daraus hervorgehenden Verbindungen sind isomer mit dem Hydrat des vierten Gliedes der dritten Gruppe u. s. w. So entstehen eine grofse Anzahl isomerer Verbindungen:

$C_2H_3O,\ C_4H_3O_3 = C_6H_6O_4$ = essigsaures Methyloxyd
$C_4H_5O,\ C_2HO_3 = C_6H_6O_4$ = ameisensaures Aethyloxyd
$C_6H_5O,\ HO = C_6H_6O_4$ = Hydrat d. Säure d.3Gl. d.3? Gr.

$C_2H_3O,\ C_6H_5O_3 = C_8H_8O_4$
$C_4H_5O,\ C_4H_3O_3 = C_8H_8O_4$ = essigsaures Aethyloxyd
$C_8H_7O,\ HO = C_8H_8O_4$ = Buttersäurehydrat.

$C_2H_3O,\ C_8H_7O_3 = C_{10}H_{10}O_4$ = buttersaures Methyloxyd
$C_4H_5O,\ C_6H_5O_3 = C_{10}H_{10}O_4$
$C_{10}H_9O_3,\ HO = C_{10}H_{10}O_4$ = Baldriansäurehydrat.

$C_2H_3O,\ C_{10}H_9O_3 = C_{12}H_{12}O_4$ = baldriansaures Methyloxyd
$C_4H_5O,\ C_8H_7O_3 = C_{12}H_{12}O_4$ = buttersaures Aethyloxyd
$C_{12}H_{11}O_3,\ HO = C_{12}H_{12}O_4$ = Capronsäurehydrat.

$C_2H_3O,\ C_{12}H_{11}O_3 = C_{14}H_{14}O_4$ = Capronsaures Methyloxyd
$C_4H_5O,\ C_{10}H_9O_3 = C_{14}H_{14}O_4$ = baldriansaures Aethyloxyd
$C_{14}H_{13}O,\ HO = C_{14}H_{14}O_4$ = Oenanthylsäurehydrat.

$C_2H_3O,\ C_{14}H_{13}O_3 = C_{16}H_{16}O_4$ = oenanthylsaures Methyloxyd
$C_4H_5O,\ C_{12}H_{11}O_3 = C_{16}H_{16}O_4$ = capronsaures Aethyloxyd
$C_{16}H_{15}O_3,\ HO = C_{16}H_{16}O_4$ = Caprylsäurehydrat.

u. s. w.

Ferner ist:

$C_2H_3O,\ C_2HO_3 = C_4H_4O_4$ = ameisensaures Methyloxyd
$C_4H_3O,\ HO = C_4H_4O_4$ = Essigsäurehydrat.

$C_4H_5O,\ C_4H_3O_3 = C_8H_8O_4$ = essigsaures Aethyloxyd
$C_8H_7O,\ HO = C_8H_8O_4$ = Buttersäurehydrat.

$C_{10}H_{11}O,\ C_{10}H_9O_3 = C_{20}H_{20}O_4$ = baldriansaures Amyloxyd
$C_{20}H_{19}O_3,\ HO = C_{20}H_{20}O_4$ = Caprinsäurehydrat.

$C_{10}H_{11}O,\ C_2HO_3 = C_{12}H_{12}O_4$ = ameisensaures Amyloxyd
$C_{12}H_{11}O_3,\ HO = C_{12}H_{12}O_4$ = Capronsäurehydrat.

$C_{10}H_{11}O,\ C_4H_3O_3 = C_{14}H_{14}O_4$ = essigsaures Amyloxyd
$C_{14}H_{13}O_3,\ HO = C_{14}H_{14}O_4$ = Oenanthylsäurehydrat.

u. s. w.

So sind also z. B. isomer:

essigsaures Amyloxyd	$C_{14}H_{14}O_4$
baldriansaures Aethyloxyd	$C_{14}H_{14}O_4$
capronsaures Methyloxyd	$C_{14}H_{14}O_4$
Oenanthylsäurehydrat	$C_{14}H_{14}O_4$

und diese Verbindungen entsprechen alle 4 Maafs Gas.

Ich habe nun in meiner ersten Abhandlung (Annal. Bd. 64, S. 214) gezeigt, dafs bei der Verbindung des Sauerstoffs mit den Radicalen der ersten Gruppe eine Condensation stattfindet, welche dem Volumen des Sauerstoffs entspricht. Aus den Gliedern der ersten Gruppe bilden sich die entsprechenden der dritten, indem 2 At. Wasserstoff austreten; die zurückgebliebenen Atome verändern aber ihre Ausdehnung nicht; das condensirte Sauerstoffatom bleibt verdichtet. Aus C_4H_5O wird C_4H_3O. Oxydirt sich aber die Verbindung C_4H_3O zu $C_4H_3O + O_2$, so entspricht jedes hinzugetrene Sauerstoffatom 1 R. E. Deshalb ist das Volum von C_4H_5O gleich dem von $C_4H_3O_3$; und einige neuere Beobachtungen machen es mir wahrscheinlich, dafs in den Verbindungen, in welchen das Atomvolum des Wasserstoffs =2 R.E. ist, auch das Sauerstoffatom beim Eintreten 2 R.E. entspricht; dafs also überhaupt die Oxyde der ersten Gruppe und die entsprechenden Säuren der dritten gleiches Atomvolum haben. Aus der Säure der dritten Gruppe bilden sich die Oxyde der vierten, indem 1 At. C und 2 At. O austreten. Die 2 At. O, welche austreten, sind die nicht verdichteten; das vollkommen verdichtete Sauerstoffatom bleibt auch in dem neugebildeten Oxyde.

In meiner zweiten Abhandlung (l. c. S. 120) habe ich für die Siedpunkte folgende Relationen gegeben:

Erhöhung für:

1 At. Kohlenstoff =38°,4

1 - Sauerstoff =28 ,0 bei vollkommener Verdichtung;

Erniedrigung für:

1 At. Wasserstoff =29°,2

1 - Sauerstoff = 8 ,4 auf 1 oder 2 R.E. verdichtet;

danach:

Erhöhung für	$C_2H_2 = 18^{\circ},4$	
Erniedrigung für	$C\ H_2 = 20\ ,0$	
- - -	$C\ O_2 = 21\ ,4$	O=1 oder 2 R.E.
Erhöhung -	$C\ O_2 = 94\ ,4$	O=0 R.E.

Unterdessen hat Fehling die Siedpunkte des Hydrats der Capronsäure und der Caprylsäure bestimmt. Diese Siedpunkte berechnen sich nach meinen Formeln für:

gefunden.

Capronsäure

$C_{12}H_{11}O_3$, HO=(11 CH+C+O+HO)–O_2
=(101,2+38+28+42,8)–16,8=194° . 202°

Caprylsäure

$C_{16}H_{15}O_3$, HO=(15 CH+C+O+HO)–O_2
=(138+38+28+42,8)–16,8=230° . . 236°

Meine aufgestellten Werthe über die Siedpunkte kommen daher ganz mit der Erfahrung überein, sie geben sicher die richtigen Siedpunkte an, wonach die gefundenen corrigirt werden können. Es geht aus denselben hervor, dafs bei dem Uebergange von C_4H_5O und $C_4H_3O_3$ sich der Siedpunkt um 2.29—2.8,4=41°,2 erhöhen mufs, überhaupt dafs für H_2, welche austreten, und O_2, welche eintreten, sich der Siedpunkt constant um 41°,2 erhöhen mufs, vorausgesetzt, dafs beim Eintritt des Sauerstoffs keine vollständige Condensation stattfinde. Eben so mufs sich bei der Umwandlung von $C_4H_3O_3$ in C_3H_3O der Siedpunkt um 38,4—16,8 =21°,6 vermindern, weil nur die nicht verdichteten Sauerstoffatome austreten. Aus demselben Grunde mufs der Siedpunkt des Butyrons bei 92°,4 liegen, obschon derselbe von Chevreul zu 140° angegeben wird. Mein früherer Asistent, Hr. Kraus, hat schon vor acht Jahren das *Butyron* dargestellt, und dasselbe konnte auf dem Wasserbade überdestillirt werden. Wie verschieden bisweilen die Angaben über den Siedpunkt ein und derselben Verbindung sind, ist hinreichend bekannt; so

kocht nach Lerch das capronsaure Aethyloxyd bei 120° und nach Fehling bei 164°. Die letztere Bestimmung ist jedenfalls die richtigere.

Verbinden sich die Oxyde der ersten Gruppe und die Säure der dritten mit dem Wasser zu Hydraten, so erhöht sich für 1 At. Wasser der Siedpunkt constant um 42°,8, und eben so vermindert sich der Siedpunkt der Säure durch die Verbindung mit dem Methyloxyd um 20 bis 21°. Treten aber, statt Methyloxyd (C_2H_3O), die folgenden Glieder ein, so findet wieder eine Zunahme von 2.9,2=18°,4 statt.

Dafs in den oben angeführten isomeren Verbindungen die constituirenden Bestandtheile als solche enthalten sind, geht aus ihren Zersetzungsproducten hervor. So giebt essigsaures Methyloxyd $=C_6H_6O_4$, mit einer weingeistigen Kalihydrat-Lösung zusammengebracht, essigsaures Kali und Holzgeist, und bei gleicher Behandlung wird ein ameisensaures Aethyloxyd $C_6H_6O_4$ stets Ameisensäure und Weingeist enthalten. Essigsaures Aethyloxyd liefert durch Behandlung mit Kali nie buttersaures Kali. Nimmt man daher bei der Bestimmung der Siedpunkte auf nichts weiter Rücksicht als auf die Elementarzusammensetzung und 4 Maafs Gas, so kann unmöglich eine Gesetzmäfsigkeit erkannt werden.

Es ist sehr wahrscheinlich, dafs die isomeren Verbindungen meistens gleiches Atomvolum haben, z. B.:

Buttersaures Aethyloxyd	=50	+29=	79	R.E.
Baldriansaures Methyloxyd	=62	+18=	80	- -
Capronsäurehydrat	=74	+ 5=	79	- -
Capronsaures Aethyloxyd	=74	+29=	103	- -
Oenanthylsaures Methyloxyd	=86	+18=	104	- -
Caprylsäurehydrat	=98	+ 5=	103	- -
Ameisensaures Methyloxyd	=16(?)	+18=	34	- -
Essigsäurehydrat	=29	+ 5=	34	- -
Essigsaures Aethyloxyd	=29	+29=	58	- -
Buttersäurehydrat	=50	+ 5=	55	- -

Essigsaures Amyloxyd	=29+62=91	R.E.
Baldriansaures Aethyloxyd	=62+29=91	- -
Capronsaures Methyloxyd	=74+18=92	- -
Oenanthylsäurehydrat	=86+ 5=91	- -

Wenn man aber den Satz aufstellen wollte: isomere Verbindungen haben immer gleiches Atomvolum, so wäre er in der Allgemeinheit unrichtig, weil die verschiedene Ausdehnung der Kohlen- und Wasserstoffatome sehr bedeutende Modificationen bedingen, wie diefs auch zwischen essigsaurem Aethyloxyd und Buttersäurehydrat der Fall ist.

Dagegen sind die Siedpunkte der isomeren oder vielmehr der metameren Verbindungen verschieden, und um so mehr, je mehr sich die einzelnen Glieder in derselben von einander entfernen.

Ameisensaures Aethyloxyd	$=C_6 H_6 O_4$	siedet bei	54°
Essigsaures Methyloxyd	$=C_6 H_6 O_4$	- -	58
Ameisensaures Methyloxyd	$=C_4 H_4 O_4$	- -	38
Essigsäurehydrat	$=C_4 H_4 O_4$	- -	120
Essigsaures Aethyloxyd	$=C_8 H_8 O_4$	- -	74
Buttersäurehydrat	$=C_8 H_8 O_4$	- -	162
Ameisensaures Amyloxyd	$=C_{12}H_{12}O_4$	- -	106 (?)
Capronsäurehydrat	$=C_{12}H_{12}O_4$	- -	202
Buttersaures Aethyloxyd	$=C_{12}H_{12}O_4$	- -	110
Capronsaures Aethyloxyd	$=C_{16}H_{16}O_4$	- -	162
Caprylsäurehydrat	$=C_{16}H_{16}O_4$	- -	236
Baldriansaures Aethyloxyd	$=C_{14}H_{14}O_4$	- -	130 (?)
Essigsaures Amyloxyd	$=C_{14}H_{14}O_4$	- -	125
Capronsaures Methyloxyd	$=C_{14}H_{14}O_4$	- -	142 (?)

u. s. w.

Bestimmt kann die Abhängigkeit des Siedpunkts einer Verbindung nicht hervortreten. Es geht hieraus hervor, dafs der Siedpunkt des essigsauren Aethyloxyds zunächst bedingt wird durch den wechselseitigen Einflufs der Essigsäure und des Aethers; der Siedpunkt des Aethyl-

oxyds ist abhängig von dem Einflufs des Sauerstoffs auf das Aethyl C_4H_5, und der Siedpunkt des Aethyls wird durch die Zahl der Kohlen- und Wasserstoffatome bestimmt. Das Gleiche gilt auch für die Essigsäure; es kommen in Betracht $C_4H_3O : O_2$; $C_4H_3 : O$ und $C_4 : H_3$.

Ich halte daher die Siedpunkte, vereint mit den Atomvolumen oder dem spec. Gewicht für das sicherste Mittel, in zweifelhaften Fällen die rationelle Zusammensetzung der organischen Verbindungen zu erforschen; die Atomgewichte und die Gasbestimmungen reichen dazu nicht aus. Gewicht, Maafs und Siedpunkt müssen, sobald man ihre Bedeutung gehörig zu würdigen versteht, jeden Zweifel entfernen. Haben zwei Verbindungen gleiche rationelle Zusammensetzung, so müssen die Raumverhältnisse in gleichem Verhältnifs zu den Atomgewichten stehen, und bei den Siedpunkten mufs der wechselseitige Einflufs der Elemente ebenfalls der gleiche seyn. *Aether* und *Aceton* haben gleiche rationelle Formeln:

Aether.		Aceton.	
Atomvolum.	Siedpunkt.	Atomvolum.	Siedpunkt.
$C_4 = 24$ R.E.	$C_4H_5 = 7^{\circ},5$	$C_3 = 18$ R.E.	$C_3H_3 = 27^{\circ},6$
$H_5 = 5$ - -	$O = 28$	$H_3 = 3$ - -	$O = 28$
$O = 0$ - -	$35^{\circ},5$	$O = 0$ - -	$55^{\circ},6$
29 R.E.		21 R.E.	

Wäre der *Weingeist* wie der Aether zusammengesetzt, so wie seine Formel C_2H_3O und sein:

Atomvolum.	Siedpunkt.
$C_2 = 12$	$C_2H_3 = -10^{\circ},6$
$H_3 = 3$	$O = +28$
$O = 0$	$+18^{\circ},6 = 37^{\circ},2.$
$15 = 30$	

Der Weingeist ist eine Verbindung von Aether und Wasser:

Atomvolum.	Siedpunkt.
$C_4H_5O = 29$	$C_4H_5O = 35^{\circ},6$
$HO = 5$	$HO = 42,4$
34	$78^{\circ},0.$

Der Siedpunkt des Weingeists C_4H_5O, HO mufs um 41°,6 niedriger liegen, als der von Essigsäurehydrat $C_4H_3O_3$, HO und $120-41{,}6=78°{,}4$.

Man kann bei der Bestimmung der Siedpunkte den einen Bestandtheil der Verbindung als eine Last betrachten, welche durch den anderen gehoben werden soll. Die Anzahl Wärmegrade, die der letztere noch bedarf, um den ersteren in den gasförmigen Zustand überzuführen, giebt den Siedpunkt der Verbindung an. So ist im Aethyl C_4 = Last, und H_5 = Kraft und 7°,6 Zuschufs an Wärmegraden und der Siedpunkt des Aethyls:

Last	=4.38,4		=153,6
Kraft	=5.29,2	=146,0	=153,6
Zuschufs		= 7.6	

Verbindet sich Aethyl mit Sauerstoff, so verhalten sich beide wie Last-Zuschufs für Aethyl =7°,6, für O=28°, folglich Siedpunkt für $AeO=7{,}6+28=35°{,}6$. Bei der Verbindung des Aethers mit dem Wasser zu Weingeist ist Zuschufs für Aether 35,6 und für Wasser 42,4, folglich Siedpunkt für Weingeist $35{,}6+42{,}4=78°$.

Der Siedpunkt des Wassers liegt bei 100°, und in seiner Verbindung mit Aethyloxyd bei 42°,4, wenn angenommen wird, dafs der Siedpunkt des Aethers unverändert bleibt. Man kann aber auch sagen, der Siedpunkt des Wassers werde durch die Verbindung mit Aethyloxyd um 18° vermindert. In diesem Falle ist Wasser die Last, Aether die Kraft und der Zuschufs 78°. Verbindet sich der Aether mit der Essigsäure, so kann man entweder annehmen, der Siedpunkt des Aethers werde um 38°,4 erhöht, oder auch der Siedpunkt der Essigsäure werde um 3° vermindert. Im ersteren Fall ist der Siedpunkt der Essigsäure in seiner Verbindung mit Aethyloxyd 38,4 und für sich bei 77°,2. Es versteht sich von selbst, dafs die Resultate nach beiden Annahmen stets dieselben sind.

Ich habe angeführt, dafs die angegebenen Werthe

für die Siedpunkte nur für die Verbindungen gelten, welche aus den aufgestellten vier Gruppen resultiren. Die Siedpunkte der Verbindungen, in welchen der Kohlenstoff überwiegend über den Wasserstoff ist, lassen sich nach denselben nicht berechnen. So siedet das *Benzin* $C_{12}H_6$ bei 86°, und die Rechnung nach den angegebenen Werthen giebt:

$$12.38{,}4 = 460{,}8 - 6.292 \text{ oder } +305°{,}6.$$

Jedoch auch für diese Verbindungen ergeben sich Regelmäfsigkeiten, sobald man von anderen Grundverbindungen ausgeht.

Aus diesen Betrachtungen geht demnach hervor, dafs man bei der Bestimmung der Siedpunkte nicht blofs die Elementarzusammensetzung auf 4 Maafs Gas berechnet, sondern zunächst die rationelle Zusammensetzung der Verbindung berücksichtigen mufs, und dafs die Verbindungen der ersten Klasse nicht mit denen der zweiten verglichen werden dürfen. Und nun kehre ich zu Hrn. Schröder zurück.

Derselbe stellt als Grundsatz auf, dafs bei der Bestimmung der Siedhitze *alle Aequivalente so genommen werden müssen, dafs sie in Gasform gleiches Volum annehmen.* Ich habe den Grundsatz ausgesprochen und den Beweis geliefert, dafs bei dem Siedpunkte die rationelle Formel zu berücksichtigen ist; fragt man aber nach den Gründen, welche den Herrn Schröder zu seinem Grundsatz bestimmt haben, so ist die einfache Antwort: um einige Siedhitze-Regelmäfsigkeiten für das Aus- und Eintreten von H_2O_2, C_2O_2, C_2O_4, C_4H_4 etc. herauszurechnen. Das kohlensaure Aethyloxyd ist nach diesem Grundsatze nicht C_4H_5O, CO_2, sondern $C_{18}H_{10}O_2$, C_2O_4, eben so ist das kleesaure Aethyloxyd $C_8H_{10}O_2$, C_4O_6, das aconitsaure Aethyloxyd $C_8H_{10}O_2$, $C_8H_4O_6$, das bernsteinsaure Aethyloxyd $C_8H_{10}O_2$, $C_8H_4O_6$ u. s. w.; dagegen ist im essigsauren Aethyloxyd C_4H_5O, $C_4H_3O_3$, und über-

haupt in den meisten Aetherverbindungen C_4H_5O enthalten. Hr. Schröder findet aber nicht einmal für nöthig eine rationelle Formel zu geben. $C_8H_{10}O_2$, C_2O_4 ist bei ihm gleichbedeutend mit $C_{10}H_{10}O_6$ u. s. w. Vergleichen wir nun kohlensaures Aethyloxyd mit essigsaurem Aethyloxyd, so finden wir in allen Beziehungen übereinstimmendes Verhalten gegen Reagentien. Eine weingeistige Lösung von Kalihydrat zersetzt beide augenblicklich in kohlensaures oder essigsaures Kali und in Weingeist; der Weingeist, welcher von beiden gewonnen wird, ist genau dieselbe Substanz. So wie man nur *eine* Essigsäure $C_4H_3O_3$ kennt, so ist auch nur eine Kohlensäure CO_2 bekannt. Es ist also ganz klar, und kein Chemiker wird an der Richtigkeit zweifeln: ist essigsaures Aethyloxyd C_4H_5O, $C_4H_3O_3$, so kann als die rationelle Formel für das kohlensaure Aethyloxyd keine andere als C_4H_5O, CO_2 aufgestellt werden. Eine Verbindung C_4H_5O in der einen und eine C_8H_{10} in der andern Substanz anzunehmen, ist ein reiner Einfall des Hrn. Schröder; ein Chemiker hätte nie auf denselben kommen können. Will nun Hr. Schröder seine 4 Maafs Gas nicht aufgeben, so mag er sie immerhin beibehalten; nur falle er nicht wieder in neue Willkührlichkeiten.

Die rationelle Formel für kohlensaures Aethyloxyd ist C_4H_5O, CO_2, und sein Siedpunkt liegt bei 125°, entsprechend 2 Maafs Gas. Durch Multiplication mit 2 erhalten wir:

$C_8H_{10}O_2$, C_2O_4 = Siedpunkt 250° = 4 Maafs Gas.

Hr. Schröder multiplicirt aber nur die Formel und die Gastheile, und bringt den Siedpunkt unverändert in Rechnung. Wenn die Verbindung C_4H_5O bei 35°,6 siedet, so siedet die Verbindung $C_4H_{10}O_2$ nicht, wie Schröder meint, auch bei 35°,6, sondern bei 71°,2. Der Siedpunkt des kleesauren Aethyloxyds C_4H_5O, C_2O_3 siedet bei 185°, und folglich mufs eine Verbindung $C_8H_{10}O_2$, C_4O_6 bei 370° kochen. Demnach ist:

		Siedpunkt
kohlensaures Aethyloxyd	$C_{12}H_{10}O_6$	$=250°$
kleesaures Aethyloxyd	$C_{14}H_{10}O_8$	$=370$
Differenz für	$C_2 \quad O_2$	$=120°$.

Nach Hrn. Schröder ist aber die Differenz für C_2O_2 $=60°$.

Und nun, welche Verbindungen vergleicht Hr. Schröder mit einander: *Cumin* mit *zimmtsaurem Aethyloxyd; Kohlenwasserstoff* mit *spiroylsaurem Methyloxyd; Kohlenwasserstoff* mit *Brenzschleimsäureäther; Mesitylchlorid* mit *Aldehyd-Ammoniak; Cautschin* mit *Cuminsäurehydrat; Oleen* mit *aconitsaurem Aethyloxyd; Anisöl* mit *Aldehyd; Aether* mit *Oel aus Mentha Pulegium; Essigsäure* mit *Bittermandelöl; Oleen* mit *buttersaurem Aethyloxyd; Cinnamin* mit *spiroylsaurem Methyloxyd; Paramethylen* mit *kohlensaurem Aethyloxyd; Paramethylen* mit *buttersaurem Aethyloxyd; Naphta* mit *Mesityloxyd* etc. etc. etc.

Wie geht nun Hr. Schröder bei seinen Vergleichungen zu Werke? Betrachten wir irgend eine derselben, z. B. *Oleen* mit *aconitsaurem Aethyloxyd.* Das *Oleen* siedet bei 55°, und entspricht der Formel C_6H_6, was mit meinen Werthen, 6.9,2 $=55°,2$, übereinstimmt; Schröder setzt aber $C_{12}H_{12}$ $=4$ Maafs Gas, behält aber den Siedpunkt 55° bei. Der Siedpunkt für $C_{12}H_{12}$ ist aber 110°. Die Formel des aconitsauren Aethyloxyds ist C_4H_5O, C_4HO_3; diese Verbindung kocht bei 236°. Nun ist C_6H_6 $=2$ Maafs Gas und C_4H_5O, C_4HO_3 ebenfalls $=2$ Maafs Gas. Die Verbindungen sind also nach Hrn. Schröder vergleichbar:

		Siedpunkt
C_4H_5O, C_4HO_3	$=C_8H_6O_4$	236°
Oleen	$=C_6H_6$	- - 55
Differenz für	$C_2 \quad O_4$	- - 181°

Schröder vergleicht aber:

		Siedpunkt
	$C_{16}H_{12}O_8$	236°
Oleen	$=C_{12}H_{12}$	- - 55
Differenz	$=C_4 \quad O_8$	- - 181°.

Couërbe hat einen Kohlenwasserstoff erhalten, welcher bei 25 bis 30°, also im Mittel bei 27° kocht. Für diese Verbindung nimmt Hr. Schröder C_8H_8 an, und vergleicht ihn mit Brenzschleimäther. Beim *Oleen* nimmt er für $C_{12}H_{12}$ den Siedpunkt zu 55° an.

Also	$C_{12}H_{12}$ = 55°	
	H_8 O_8 = 27	
Differenz für	C_4 H_4 = 28°,	folglich C_2H_2 = 14°.

Nun ist 6.14 = 84 und nicht 55°
- - 4.14 = 56 - - 27°.

Schröder vergleicht *ameisensaures Methyloxyd* mit *Aconitsäurehydrat.* Nun ist, nach Crasso, die Aconitsäure, wie die Ameisensäure, eine einbasische Säure; auch ist das spec. Gewicht der Aetherverbindung der Aconitsäure gar nicht bekannt, und dennoch setzt Hr. Schröder für $C_4H_2O_4$ die Formel $C_8H_4O_8$. Nun liegt der Siedpunkt von $C_4H_2O_4$ bei 160°, folglich siedet $C_8H_4O_8$ bei 320°.

		Siedpunkt.
Aconitsäure	$=C_8H_4O_8$	=320°
Ameisens. Methyloxyd	$=C_4H_4O_4$	= 36°
Differenz für	$=C_4$ O_4	=284°
folglich	C_4 O_4	$=\frac{284}{2}$ =142° statt 621°.

u. s. w.

Aufserdem hat Hr. Schröder die Verbindungen der ersten und zweiten Klasse bunt durcheinandergeworfen.

Auf solchen Fundamenten beruhen nun sämmtliche Entdeckungen des Hrn. Schröder. Dafs sich bei solcher Willkühr, welche sich Hr. Schröder erlaubt, alles Mögliche herausrechnen läfst, versteht sich wohl von selbst, und ich würde sicher die Geduld des Lesers zu sehr in Anspruch nehmen, wollte ich mit der Kritik der Schröder'schen Vergleichungen fortfahren. Das Mitgetheilte genügt gewifs mehr als hinreichend. Mag sich Hr. Schröder merken, dafs man die Natur einer Verbindung noch nicht kennt, wenn man weifs, dafs dieselbe aus $C_{12}H_{12}O_4$ besteht und 4 Maafs Gas entspricht. Diese Verbindung

kann buttersaures Aethyloxyd, baldriansaures Methyloxyd und Capronsäurehydrat seyn; je nachdem die Formel die eine oder die andere Verbindung angiebt, sind die Siedpunkte verschieden; dieselben hängen zunächst von den näheren Bestandtheilen ab, und erst bei diesen kommen die entfernteren in Betracht. Zieht Hr. Schröder bei seinen künftigen Untersuchungen die ganze Natur der Substanz, und nicht bloſs 4 Maaſs Gas in Betracht, wozu ihn ein gründliches Studium der organischen Chemie führen wird, so wird er bleibende Resultate erhalten, und die Chemiker werden von demselben nicht mehr, wie bisher, behelligt werden.

Zürich, den 3. Juli 1845.

V. *Hitze mittelst starrer Kohlensäure.*

Als ein merkwürdiges Beispiel von Wärmeerzeugung durch chemischen Proceſs führt Hr. Channing, zu Boston, an, daſs wenn man ein kleines Stück starrer Kohlensäure, bekanntlich der Substanz, die so groſse Kälte zu erregen im Stande ist, mit etwas gepülvertem Aetzkali in Baumwolle wickle und darauf mit den Fingern zusammendrücke, die Masse so heiſs werde, daſs man sie nicht mehr zu halten vermöge. (Silliman's *Journ.*, *Vol. XLVI p.* 215.)

VI. *Beiträge zur Kenntnifs des Sefström'schen Frictionsphänomens;*

von Th. Scheerer in Christiania.

(Hiezu Tafel II.)

Der wissenschaftliche Streit, welcher sich in der neusten Zeit über die Entstehungsweise des bekannten Frictionsphänomens erhoben hat, fordert zu fortgesetzten Beiträgen auf, die zur Erweiterung unserer Kenntnifs dieser interessanten Erscheinung dienen können. Trotz Sefström's klarer, auf zahlreiche Beobachtungen basirter Theorie, sind jetzt die Meinungen der Geologen über die Ursache der Frictionsstreifen sehr getheilt, und der Zeitpunkt scheint noch fern zu liegen, wo eine Vereinigung der streitenden Parteien vor sich gehen dürfte. Der Grund dieser Meinungsverschiedenheit liegt wohl hier, wie bei so vielen anderen Streitfragen der Geologie, hauptsächlich darin, dafs jeder der betreffenden Forscher ein besonderes Feld hatte, auf welchem er seine Erfahrungen sammelte, und dafs er von der Beschaffenheit des von ihm untersuchten Feldes auf die der übrigen schlofs. So unumstöfslich gewifs es aber ist, dafs sehr verschiedene Ursachen anscheinend ganz gleiche Phänomene hervorrufen können, so ausgemacht ist es auch, dafs, *vice versa*, anscheinend identische Erscheinungen nicht nothwendig auf ein und dieselbe Weise entstanden zu seyn brauchen. Besonders aber ist letzteres bei Erscheinungen zu beherzigen, deren äufsere Aehnlichkeit vielleicht nicht einmal so grofs ist, wie man glaubt. Es ist daher nicht unmöglich, dafs *mehrere* der über die Entstehung der Frictionsstreifen aufgestellten Theorien, trotz dem sie einander widersprechen, dennoch mehr oder weniger der Wahrheit nahe gekommen sind, das heifst *der* Wahrheit,

wie sie für die betreffende Localität gilt. Hierüber zu entscheiden ist inzwischen nicht der Gegenstand dieses Aufsatzes, sondern ich will in demselben hauptsächlich nur einen kleinen Beitrag zur Kenntnifs des Frictionsphänomens in *Norwegen* liefern, und zugleich bevorworten, dafs ich mir nicht getraue mit einer Meinung über die Entstehungsweise desselben in *anderen Ländern* hervorzutreten.

In keinem Lande, in welchem bisher Frictionsstreifen angetroffen wurden, vielleicht nicht einmal Schweden ausgenommen, lassen sich ausgedehntere und instructivere Beobachtungen hierüber anstellen, als in Norwegen. Die Entblöfsungen seines Felsenbodens, seine tiefen Thaleinschnitte und Fjorde, besonders aber der breite Gürtel von unzähligen nackten Klippen (*Skjär*), welcher seine felsigen Ufer umgiebt, bieten ein überaus reiches Beobachtungsfeld dar. Wer gröfsere Theile von Norwegen, vorzüglich der Küstengegenden, durchreist, und von da seinen Weg in's Innere des Landes zu den höheren Gebirgsgruppen genommen hat, wird sich der Ueberzeugung nicht erwehren können, dafs keine Theorie das Frictionsphänomen in Norwegen auf eine genügendere Weise zu erklären vermag als die Sefström'sche, und dafs sich höchstens nur die Agassiz'sche Theorie mit ihr in die Schranken stellen kann. Bei genauer Betrachtung beider Theorien ergiebt sich nämlich, dafs es keineswegs so leicht ist, wie es vielleicht im ersten Augenblick erscheinen mag, darüber zu entscheiden, ob es eine wild einherbrausende Wasserfluth oder eine sich schleichend bewegende Gletschermasse war, welche die Geschiebe vor sich her wälzte und den Weg derselben in die Felsen eingrub. Denkt man sich ganz Skandinavien so tief unter das Meer versenkt, dafs nur die Gipfel seiner höchsten Gebirge, und vielleicht diese kaum, über die Wasserfläche hervorragen, und denkt man sich darauf diefs Land bis fast zu seiner jetzigen Höhe plötzlich

emporgehoben, so wird sich eine ungeheure Wassermasse, Schutt und Felstrümmer mit sich führend, vom Inneren des Landes nach allen Seiten hin über die neu entstandenen Ufer stürzen. Die Richtungen dieses Abflusses werden sich im *Allgemeinen* nach der Landesabdachung im Grofsen richten, im *Einzelnen* aber von den localen Unebenheiten des Felsengrundes modificirt werden. Ganz wie es dieser Vorstellung entspricht, ist die Richtung der Frictionsstreifen in allen Theilen Norwegens und Schwedens, welche bisher, in Bezug auf dieses Phänomen, untersucht wurden. Denken wir uns nun aber Skandinavien, anstatt es in's Meer zu versenken, von einer gewaltigen Gletschermasse überlagert, die sich noch weit über seine jetzigen Ufer hinaus erstreckt, so läfst sich, nach allen neueren Untersuchungen über die Gletscher, mit Gewifsheit annehmen, dafs sich dieses colossale Eislager, aus welchem wir uns ebenfalls nur die Gipfel der höheren Berge, als Eis-Pyramiden, hervorragend denken müssen, von einer gewissen Centralgegend aus, ebenfalls radial nach der Küste hin bewegt und Felsbrocken mit sich geführt haben wird, und dafs seine Bewegungsrichtung im *Allgemeinen* parallel den betreffenden Abdachungslinien des Landes, im Einzelnen aber parallel den Thalschnitten gewesen seyn müsse. Aus der *Richtung* der Frictionsstreifen läfst sich also kein Grund entnehmen, welcher mit Sicherheit mehr für die eine als für die andere der genannten Theorien spräche. Verfolgen wir daher die beiden Vorstellungen, welche wir uns so eben von der Entstehung des Frictionsphänomens gemacht haben, weiter in's Detail, um zu sehen, ob wir nicht hierbei auf Punkte stofsen, wo beide Bilder nothwendig von einander divergiren müssen.

Eine Wasserfluth, welche sich, der Landesabdachung folgend, von den Hochgebirgen des Landes her, über die niedrigeren Küsten hinstürzt, wird nothwendigerweise eine desto mehr beschleunigte Geschwindigkeit annehmen müs-

sen, je näher sie der Küste kommt, und je günstigere Verhältnisse die Oberflächengestalt des Terrains dem schnellen Abflusse des Wassers darbietet. Das Frictionsphänomen wird daher im Allgemeinen auf niedrigem Küstenboden in weit intensiverem Grade ausgeprägt erscheinen müssen, als auf hochliegenden Plateaus, im Innern des Landes. Dafs diefs wirklich eine mit grofser Deutlichkeit ausgesprochene Thatsache ist, dafür lassen sich, wenigstens in Norwegen, zahlreiche Belege beibringen. Man sollte also glauben, dafs hierin ein vollkommener Gegenbeweis der Gletschertheorie liege; allein so scheint es nur bei oberflächlicher Betrachtung. Auch eine Gletschermasse bewegt sich, obgleich nur immer schleichend, dennoch desto schneller, oder eigentlich desto weniger langsam, je weiter sie von jenen Centraleismassen, die natürlich auf den höchsten und ausgedehntesten Gebirgsplateaus des Landes gesucht werden müssen, entfernt liegt. Gleichviel ob man sich, wie Agassiz, die Bewegung der Gletscher durch Eisausfüllung der Haarspalten, oder, wie Petzoldt, durch Kälteausdehnung, hervorgebracht denkt: jedenfalls giebt es einen oder mehrere dieser Centralbezirke der Ruhe, von wo aus das Schieben der Gletscher stattfindet, und von wo aus dasselbe, in gleichem Verhältnisse mit der Entfernung vom Centrum, nach allen radialen Richtungen zunimmt. Also auch hier haben wir, obgleich immer nur eine schleichende, dennoch eine beschleunigte Bewegung, aus welchem Grunde das Frictionsphänomen in den Küstengegenden ebenfalls intensiver auftreten mufs, als auf den Hochgebirgen im Innern des Landes. Freilich wird aber auch die Annahme nothwendig, dafs die Mächtigkeit des Gletschereises, von letzteren Gegenden nach der Küste hin, eine abnehmende, und dafs folglich der Druck der gehobenen und schiebenden Massen ebenfalls in diesem Verhältnisse ein verminderter gewesen seyn mufs; was also das Frictionsphänomen durch schnellere Bewegung der Gletscher in den Küsten-

ge-

gegenden gewonnen haben kann, dürfte durch diese Mächtigkeitsabnahme vielleicht wieder compensirt worden seyn. Dabei mufs aber erinnert werden, dafs die Moränen, je weiter vom Central-Eise entfernt, desto mehr an Mächtigkeit zunehmen. Es bleibt also, da sich hier durchaus kein Angriffspunkt für eine genaue Berechnung bietet, sehr schwierig auf diesem Wege zu einem Schlufs zu gelangen, welcher zu Gunsten der einen oder andern jener beiden Theorien ausfiele. So viel scheint mir jedoch ausgemacht, dafs der *aufserordentliche* Unterschied, welcher, wie später gezeigt werden soll, an vielen Stellen in Norwegen zwischen der Intensität des Frictionsphänomens in den Küstengegenden und auf den Hochgebirgen stattfindet, sehr zu Gunsten der Sefström'schen Theorie spricht.

Es entsteht nun die Frage: ob es denn nicht irgend ein Kriterium gebe, welches, aus den nachgelassenen Wirkungen dieses räthselhaften Naturereignisses entnommen, mit Sicherheit darüber entscheidet, ob die unabläugbaren Spuren einer gewaltigen Friction, welche wir dem skandinavischen Felsgrunde eingegraben finden, von einer leicht beweglichen, pfeilschnell fortschiefsenden Wasserfluth oder von einem starren, dahinschleichenden Eisstrome herrühren? Offenbar können doch beide Ursachen, wenn auch sehr *ähnliche*, doch nicht *völlig gleiche* Wirkungen zur Folge haben. Bei genauer Beobachtung mufs es, sollte man meinen, sich aus der Beschaffenheit der geritzten Felsen gleichsam herauslesen lassen: *ob die ritzenden und furchenden Geschiebe pfeilgeschwind an den Felsen vorüberfuhren, oder ob sie im Schneckengange über sie hinkrochen.* Diefs ist nun in der That möglich; ein genaues Studium des Frictionsphänomens in Norwegen, sowohl in den Küstengegenden als auf den Hochgebirgen, ist vollkommen dazu geeignet, diese Streitfrage zu entscheiden. Im Verlaufe meines Aufsatzes werde ich hierauf zurückkommen.

Wie bereits erwähnt, giebt es, aufser 1) der Richtung der Frictionsstreifen, meiner Meinung nach, noch zwei andere wesentliche Punkte, welche bei der Erforschung dieser Erscheinung von Wichtigkeit sind, nämlich 2) das Verhältnifs der Intensität des Frictionsphänomens auf Hochgebirgen und in flachen, felsigen Küstengegenden, und 3) die eigenthümliche Beschaffenheit der durch Friction zugeformten Klippen. Zu allen drei genannten Punkten sollen in dem Folgenden einige erläuternde Beiträge geliefert werden.

Was zuerst *die Richtung der Frictionsstreifen* betrifft, so folgt sie in allen bisher in dieser Hinsicht untersuchten Gegenden Norwegens denselben Gesetzen, wie sie für Schweden gelten; auf hochgelegenen Gebirgsplateaus richtet sie sich nach der betreffenden Abdachung des Landes, und in Thälern wird sie durch die Thalwände modificirt. Keilhau hat zahlreiche Beobachtungen hierüber angestellt, deren Resultate besonders in zwei, im *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne* enthaltenen Aufsätzen niedergelegt sind. In einem dritten, in derselben Zeitschrift befindlichen Aufsatze giebt Derselbe an, dafs sich bis dahin über die Richtung der Frictionsstreifen in Norwegen etwa folgende allgemeine Regeln aufstellen lassen. Diese Richtung ist: in der Gegend um Fredrikshald etwa gegen SW.; bei Christiania gegen SSW.; in der Mitte von Aggershuus-Stift gegen S.; in den westlicheren Theilen dieses Stiftes gegen SO.; in den östlichen Theilen von Christiansandstift gegen SO.; durch die Mitte desselben Stiftes, bis zum Cap Lindesnäs, gegen S.; am nordöstlichen Arm des Hardanger-Fjord gegen W.; im nördlichen Theile von Opdals-Kirchspiel (zwischen Dovre-Fjeld und dem Trondhjems-Fjord gegen NW. und W.; an der Gränze von Helgeland, bei Gutvig in Leköe-Kirchspiel, gegen WNW.; bei Bodöe gegen NW.; zwischen dem Tys-Fjord und Luleå-Träsk, in einer Landschaft, deren mittlere Höhe etwa 2000 Fufs

über dem Meere beträgt, gegen WNW.; am inneren Ende des Alten-Fjord gegen ONO.; bei Polmak und am inneren Ende des Tana-Fjord gegen NO.; an der Nordseite des Varanger-Fjord gegen OSO.; an der Südseite von diesem Fjord gegen NO. — Auf Reisen in Guldbrandsdalen, in dem südlichen Küstenstriche zwischen Christiania und Flekkefjord, durch Tellemarken und Sätersdalen, fand ich Gelegenheit mich davon zu überzeugen, dafs das oben ausgesprochene Gesetz auch hier in seiner Allgemeinheit Stich hält. Leider habe ich es früher versäumt, hinreichend detaillirte Aufzeichnungen über meine derartigen Beobachtungen zu machen, da ich mir, vor der Ausbreitung der Agassiz'schen Theorie, nicht vorstellen konnte, dafs weitere Forschungen über diese von Sefström, meiner Meinung nach, so genügend erklärte Erscheinung, von Wichtigkeit wären. Erst auf meiner letzten Reise, durch Tellemarken und Sätersdalen, habe ich, auf einer Längenerstreckung von etwa 60 geographischen Meilen, Beobachtungen über das Frictionsphänomen in diesen Gegenden aufgezeichnet, deren Details, was die Richtung der Frictionsstreifen betrifft, baldigst im *Magazin for Naturvidenskaberne* veröffentlicht werden sollen. Ich will daher hier nur die allgemeinen Resultate dieser Beobachtungen anführen. Die durchschnittliche Richtung der Frictionsstreifen zeigte sich: vom Langesund-Fjord (bei Brevig), am Frier-Fjord, Nordsöe und Hitterdals-See vorbei, bis nach Hitterdal, gegen SO.; von Hitterdal bis Hjerdal gegen O., von Hjerdal, durch Fladdal, Sillejord, Hvidesöe bis Laurdal gegen SO., sich bald nach SSO., bald nach OSO. hinneigend; auf einem etwa 3000 Fufs hohen Gebirgsplateau zwischen Tellemarken und Sätersdalen gegen SSO.; in dem etwa 30 Meilen langen, bei Christiansand ausmündenden Sätersdal gegen SSO.

Das Verhältnifs zwischen der Intensität des Frictionsphänomens auf Hochgebirgen, und in flachen, felsigen Küstengegenden bietet an vielen Stellen die auffallend-

sten Contraste dar; Contraste, wie sie, meiner Ansicht nach, nur durch eine gewaltige Wasserfluth, kaum aber durch schleichende Eismassen hervorgerufen seyn können. Auf hochliegenden Felsplateaus im Innern des Landes scheint das Frictionsphänomen, nach allen bis jetzt hierüber bekannten Beobachtungen, stets nur einen sehr geringen Grad der Intensität zu besitzen. So sah ich z. B. auf dem 4000 Fuſs hohen Plateau des Espedal-Fjeld in Guldbrandsdalen (ganz in der Nähe der dortigen Nickelschürfe) nur sehr wenige und schwache Frictionsspuren, aber nirgends solche *Rinnen* und andere derartige starke Aushöhlungen, wie sie so häufig an den Küsten angetroffen werden. Auf dem etwa 3000 Fuſs hohen Plateau des Strömsheien, zwischen Tellemarken und Sätersdalen, beobachtete ich ein gleiches Verhältniſs; auch hier zeigten sich nur wenige deutliche Schrammen. Sehr auffallend war mir der Contrast zwischen der verschiedenen Intensität des Frictionsphänomens auf meinem Wege von Brevig durch Tellemarken bis auf das letztgenannte Gebirgsplateau. Während sich an der südöstlich von Brevig liegenden Küste, zwischen Fredriksvärn und Sandöe, alle nackten Klippen auf eine wahrhaft erstaunenswerthe Weise polirt, gefurcht oder ausgehöhlt zeigen, und während diese Erscheinung bei den Klippen des Langesund-Fjord, Frier-Fjord, Nordsöe und Hitterdals-Vand mehr oder weniger in demselben auffallenden Grade ausgesprochen ist, wird das Frictionsphänomen schwächer und schwächer, je tiefer man in's Innere des Landes eindringt, und je höher man hinaufsteigt. Um von dem Grade der Intensität, in welchem der Felsboden der erwähnten Küsten- und Fjord-Gegenden die Spuren der Friction an sich trägt, einige Belege zu geben, dazu mögen folgende Beispiele dienen.

Auf der Insel Sandöe (in der Nähe der wegen ihres Leuchtthurmes bekannten Insel Färder, etwa 3 geogr. Meilen in ONO. von Fredriksvärn) findet man das

Frictionsphänomen mit einem Grade der Intensität auftretend, wie ich denselben bisher an keiner Stelle übertroffen gesehen habe. Die Insel, welche ungefähr $\frac{1}{3}$ Meile lang und $\frac{1}{12}$ Meile breit seyn mag, besteht, gleich allen benachbarten Inseln und dem angränzenden Festlande, aus demselben Syenite, welcher sich bekanntlich bei Fredriksvärn, Laurvig und Brevig in so ausgezeichnetem Grade zirkonführend zeigt, also aus einem massig-krystallinischen Gesteine, welches weder Schichtung, Zerklüftung noch Ablösung besitzt. Die Richtung der Frictionsstreifen wird daher hier genau die einstmalige Richtung der abscheuernden und furchenden Kraft andeuten, und durch Verwitterung des Gesteins werden keine Streifungen, Furchungen und überhaupt keine Erscheinungen hervorgebracht werden können, welche mit dem Sefström'schen oder Agassiz'schen Phänomen zu verwechseln wären, wie diefs bei deutlich geschichteten Gebirgsarten wohl mitunter der Fall seyn mag. Wenn man diese, nur stellenweise und sparsam mit Erde und Vegetation bedeckte Insel, deren gröfste Erhöhungen kaum viel über 100 bis 150 Fufs Meereshöhe erreichen mögen, in einer den Meridian senkrecht durchschneidenden Richtung, zu durchwandern versucht, so trifft man hierbei auf viele Hindernisse, denn der Felsgrund der Insel ist, parallel seiner, etwa mit dem Meridian zusammenfallenden, gröfsten Längenausdehnung, von einer grofsen Anzahl gleichlaufender Gräben durchfurcht, deren Breite stellenweise 20 Ellen, und deren Tiefe 15 Ellen und darüber erreicht. Einige von diesen Rinnen, oder so zu sagen Miniaturthälern, lassen sich auf eine Länge von 80 bis 100 Schritt verfolgen; ihre wahre Tiefe ist stets um Einiges gröfser, als sie sich dem Auge zeigt, indem ihr Boden mehr oder weniger mit Geschieben bedeckt ist. Die Wände der Rinnen sind meistens steil, zuweilen senkrecht, zuweilen sogar überhängend, und überall zeigen sich an denselben die heftigsten Wirkungen der poliren-

den, ritzenden und furchenden Kraft. Die Richtung der Frictionsstreifen fand ich an solchen Stellen, wo sie, wie besonders auf den zwischen den Rinnen liegenden Felskämmen, durch keinen hervorragenden Gegenstand eine Ablenkung erleiden konnte, vollkommen parallel mit den Rinnen, nämlich etwa hora $12\frac{1}{2}$. Die Figuren 1 und 2, Tafel II, stellen ein Paar Beispiele dieser grofsartigen Furchung dar; beide sind verticale, von Ost nach West gehende Durchschnitte kleinerer Partien des durch Rinnen ausgehöhlten Terrains. Die Höhe der Seitenwände beträgt bei Fig. 1 etwa 20 Fufs, bei Fig. 2 (ich vergafs die Maafse anzumerken) dürfte sie um etwas geringer seyn. Nicht stets bilden die Seitenwände eine zusammenhängend fortlaufende Felsmasse, sondern zeigen sich an einigen Stellen in der Art zerstückt, wie Fig. 3 angiebt; die abgerundeten Seiten *a*, *a*, *a* sind stets nach Norden gerichtet. Ganz interessant ist es die Spuren der Energie zu studiren, welche die merkwürdige Kraft, die diese Rinnen in die Felsen einwühlte, an den Wänden derselben zurückliefs. Fig. 4 ist ein Theil einer 30 bis 40 Fufs hohen Rinnenwand, an welcher, mitten im feinkörnigen Syenite, ein ungefähr 2 Fufs mächtiger Gang desselben Gesteins, aber von sehr grobkörniger Beschaffenheit, entlang läuft. Die Masse dieses Ganges hat, wahrscheinlich wegen ihrer Grobkörnigkeit, weniger Widerstand geleistet, als der umgebende ältere und mehr feinkörnige Syenit, denn in seiner ganzen Länge ist dieser Gang, einer grofsen Cannelüre gleich, bis zu einer Tiefe von 2 Fufs ausgehöhlt. Dafs hier auch nicht im Entferntesten von einer Verwitterung die Rede seyn kann, beweist die vollkommen glatte und zugleich gefurchte Oberfläche des Ganggesteins, das überdiefs dem Hammer den stärksten Widerstand leistet. Ein ähnliches Verhältnifs stellt Fig. 5 im verticalen Schnitte dar. Die Tiefe der durch den grobkörnigen Syenit an der 10 F. hohen Rinnenwand veranlafsten Aushöhlung beträgt hier gegen 3 F.

Am nördlichen Ende des Hitterdals-Vand, einem Landsee in Tellemarken, welcher, zur Zeit als der skandinavische Felsengrund abgescheuert und gefurcht wurde, wahrscheinlich mit dem Nordsöe, dem Frier- und Langesunds-Fjord einen einzigen grofsen, von Süden nach Norden laufenden Meerbusen [1]) ausmachte, findet man ebenfalls Klippenpartien, deren Oberfläche sich auf eine sehr intensive Weise von der abscheuernden und furchenden Kraft bearbeitet zeigt. Fig. 6, Taf. II, stellt eine dieser Klippenpartien dar, nicht weit von der Hitterdalskirche, unmittelbar an der Landstrafse belegen. Der abgebildete Felsen ist etwa 30 Schritt lang, und seine Höhe mag dieser Länge etwa gleichkommen. Die scharf abgebrochene Fläche *d* desselben ist nach Süden gewendet, gegen *N* hin ist Norden. Alle Theile *e'*, *e*, *e* . . . zeigen sich, von Norden her, stark abgescheuert, polirt und geschrammt, während die Südseite *d* überall scharfkantige Bruchflächen besitzt und keine Spur des Frictionsphänomens an sich trägt. Bei *a* und *b* gewahrt man ellenbreite und zum Theil eben so tiefe Rinnen in dem Gesteine (quarziger Granit-Gneus) ausgehöhlt. Zwischen beiden Rinnen liegt eine Gesteinspartie *c*, bei der ich nicht entscheiden will, ob sie ihre scharfen Bruchflächen ihrer Lage gegen die Richtung der abscheuernden Kraft oder irgend einer späteren Lossprengung zu verdanken hat. Die Rinne *a* wird, wenn man sie von derjenigen Seite her sieht, von welcher die Zeichnung entworfen wurde, zum Theil durch die Gesteinspartie *e'* verdeckt.

1) Dafs Norwegen, wenigstens theilweise, seit der Zeit der Felsabscheuerung, nicht unbedeutend gehoben worden ist, dafür spricht in der Umgegend von Christiania eine überaus instructive Localität. Dicht beim St. Hans-Höien, einem kleinen Berge, sieht man, in einer Meereshöhe von 170 Fufs, Serpula-Gehäuse auf anstehendem Thonschiefer festgewachsen, und zwar auf Stellen desselben, welche sehr deutlich abgescheuert und geritzt erscheinen. Während der vorjährigen Versammlung der Naturforscher nahmen unter Anderen v. Buch, Murchison und Forchhammer diese Stelle in Augenschein.

In Fig. 7 ist diese Rinne, in vergröfsertem Maafsstabe, dargestellt, wie sie einem bei *B* befindlichen Beobachter erscheint. Sie ist zum Theil mit Erde gefüllt. Es kommt mir wahrscheinlich vor, dafs diese rinnenartige Aushöhlung durch die frühere Gestalt des Felsens veranlafst wurde, indem möglicherweise, vor der Einwirkung der abscheuernden Kraft, hier schon irgend eine Art von Vertiefung vorhanden war, die dann später vergröfsert, ausgeschliffen und gefurcht wurde. Einer anderen Ursache verdankt aber die Rinne *b* ihren Ursprung. Man erblickt dieselbe in Fig. 8, Taf. II, ebenfalls nach etwas vergröfsertem Maafstabe gezeichnet. Es zeigt sich hier sehr deutlich, dafs diese ellenbreite und etwa fufstiefe Cannelüre dadurch entstand, dafs der weniger harte Theil des Gesteins vorzugsweise angegriffen wurde. *f* ist nämlich eine sehr quarzreiche Gesteinspartie, gleichsam von der Structur eines Astes, wie auf der Zeichnung durch die concentrischen Striche angedeutet. Die Seitenansicht eines Verticalschnittes durch $\alpha\beta$ zeigt Fig. 9.

Diese beiden Beispiele werden hinreichend seyn, um einen Begriff von der aufserordentlichen Intensität des Frictionsphänomens in den norwegischen Küsten- und den inneren, niedrig gelegenen Fjordgegenden zu geben. Die unzähligen kleinen Inseln und Klippen, welche besonders an der östlichen und südöstlichen Küste Norwegens ausgestreut sind, bieten unzählige solcher Beispiele dar, und man findet derselben ebenfalls in grofser Anzahl, wenn man landeinwärts in die Fjorde und flächeren Küstengegenden eindringt. So sah Keilhau [1]) z. B. in der ganzen Umgegend von Sandefjord das Frictionsphänomen mit grofser Intensität ausgeprägt. In dem Langesund-Fjord bei Brevig beobachtete ich, an der Nordseite einiger der dort befindlichen Inseln, Schrammen und tiefe Furchen, welche, in einer Erstreckung von 40 bis 50 Fufs, schiefe Ebenen von 40° bis 45° hinanlau-

1) *Nyt Mag. for. Naturv., Bd. III, S.* 135.

fen. Sowohl beim Nordsöe als beim Hitterdals-Vand in Tellemarken sah ich ganz ähnliche Erscheinungen. In der Stadt Skeen, zwischen dem Frier-Fjord und dem Nordsöe, befinden sich, an einer verticalen Felswand (im Garten des Blom'schen Hotels), Frictionsfurchen, die zum Theil 1 Fufs breit und ½ Fufs tief sind. — Berücksichtigt man alle so eben geschilderten grofsartigen Spuren, welche jene einst so thätige und nun ausgestorbene Kraft auf dem Felsgrunde Norwegens zurückgelassen hat, so dürfte die Ansicht vielleicht nicht zu gewagt erscheinen, dafs ein Theil der norwegischen Küstengegenden dieser Kraft sein zerrissenes, durch kleine Meerengen und Fjorde vielfach zerstückeltes Areal verdankt, ja dafs dieselbe vielleicht grofsen Antheil an der Bildung solcher Thäler und Fjorde nahm, deren Entstehung man der sogenannten Erosion zuzuschreiben pflegt. Wirft man einen Blick auf eine im gröfseren Maafsstabe ausgeführte, genaue Landkarte von Norwegen, und betrachtet z. B. die Küstengegend zwischen Brevig und Tönsberg [1]), so erscheint eine solche Annahme keineswegs unwahrscheinlich, wenn man dabei erwägt, dafs die Frictionsstreifen hier sowohl den kleinen, etwa von Norden nach Süden gehenden Meerengen, wie den grofsen Fjorden parallel laufen. Wenn es aber auch bis jetzt noch nicht bewiesen ist, dafs die abscheuernde und furchende Kraft wirklich solche herkulische Arbeit verrichtet hat, so stellt es sich doch als in hohem Grade einleuchtend heraus, dafs sie wenigstens in den Küstengegenden ein sehr Bedeutendes mehr leistete, als in den höher liegenden Landstrichen, deren Frictions-*Streifen*, im Vergleich zu den Frictions-*Rinnen* der Küste, eine wahre Pygmäen-Arbeit zu nennen sind.

Die eigenthümliche Beschaffenheit vieler, in den Küstengegenden durch Friction zugeformten Klippen ist

1) Dieselbe ist sehr genau und ziemlich detaillirt auf der geognostischen Karte gezeichnet, welche zum 1. Hefte der *Gäa norvegica* gehört.

eine ganz andere als die der polirten und geritzten Felsen in hoch liegenden Thälern oder auf Plateaus im Innern des Landes. In letzteren Gegenden treten die Gebirgsarten, gleichviel ob Gneus, Granit, Porphyr, Grünstein, Quarzit, Quarzschiefer u. s. w., da wo sie der Einwirkung der abscheuernden Kraft blofsgestellt waren, stets in mehr oder weniger bauchigen Formen auf [1]), etwa wie Fig. 10, Taf. II, angiebt. Zeigen sich Frictionsstreifen an solchen bauchförmigen Protuberanzen, so werden diese, wie zu erwarten steht, vorzugsweise an der sogenannten Stofsseite angetroffen, aber auch die Leeseite ist mehr oder weniger abgeschliffen, und die Schrammen der Stofsseite sind nicht selten, wenn auch mit geringerer Intensität, bis in die Leeseite hinein fortgesetzt. Je mehr man sich dagegen den Küstengegenden nähert, desto auffallender tritt es hervor, wie die Leeseite vieler Klippen *durchaus von aller Friction* verschont geblieben ist, während ihre Stofsseite auf das Intensivste abgerundet, polirt, geschrammt und gefurcht erscheint. Alle über dem Meeresufer hervorragenden Klippen, namentlich die kleineren derselben, haben an manchen Küstenstrichen eine Form, welche Keilhau [2]) sehr treffend mit der eines etwas über die Hälfte in's Wasser gesenkten Eies vergleicht, dessen spitzes Ende nach Norden gerichtet, und dessen stumpfes, nach Süden gewendetes Ende *abgeschlagen* ist. Solche Eiformen, bisweilen etwas der Kugelform angenähert, sah ich in aufserordentlicher Menge an mehreren Strichen der norwegischen Küste zwischen Christiania und Flekkefjord. An solchen Stellen, wo die abscheuernde Kraft vorzugsweise stark gewirkt zu haben scheint, ist diese eigenthümliche Form der normale Ha-

1) Leicht verwitternde und zerbröckelnde Gesteine, wie besonders Thonschiefer, Kalkstein und gewisse Porphyrarten, haben ihre zugerundeten Formen natürlicherweise am leichtesten eingebüfst.

2) *Nyt Mag. for Naturvid. Bd. III, S.* 136.

bitus aller Klippen. Das Dampfschiff, welches von Christiania nach Christiansand geht, fährt oft auf beträchtliche Strecken mitten durch den breiten Klippengürtel (Skjäregaard) der Küste, und der reisende geologische Forscher hat hier die ausgezeichnetste, leider nur etwas zu schnell vorübergehende Gelegenheit, die merkwürdigen, zuweilen durch locale Umstände modificirten Formen der abgescheuerten Klippen zu studiren. Auch im Innern und in der Umgegend der Fjorde und der zunächst mit ihnen in Verbindung stehenden Landseen besitzen die der Abscheuerung am meisten ausgesetzt gewesenen Klippen und Felspartien diese charakteristische Form. Man findet dergleichen z. B. im Langesund-Fjord, Frier-Fjord, Nordsöe und Hitterdals-Vand. Mitten im Nordsöe, zwischen Ulefofs-Eisenwerk und Näfs-Kirche, sah ich ein Paar sehr charakteristische, von der Nordwestseite her abgerundete und stark gestreifte, an der Südostseite aber so zu sagen *abgeschnittene* Klippen. Bei den Bewohnern der Umgegend sind dieselben unter dem eben so naiven als bezeichnenden Namen »angeschnittener Speck« (*skaaret Flesk*) bekannt, weil, namentlich die gröfsere, etwa 20 Fufs aus dem Wasser hervorragende und etwa 50 Fufs lange Klippe allerdings aussieht, als hätte man von einer länglichen, ursprünglich ganz zugerundeten Masse ein Stück abgeschnitten. Auch noch am nördlichen Ende des Hitterdals-Vand, ganz dicht bei der bereits in Fig. 6, Taf. II, abgebildeten Stelle, sah ich noch Felspartien von dieser Formbeschaffenheit. Einer dieser Felsen ist in Fig. 11 dargestellt. Er ist etwa 90 Fufs lang und 20 Fufs hoch. Auf meinem ganzen Wege durch Oevre-Tellemarken über das 3000 Fufs hohe Gebirgsplateau des Strömsheien nach Sätersdalen sah ich dagegen nicht einen einzigen Felsen von dieser eigenthümlichen Gestalt. — Es fragt sich nun, ob die Agassiz'sche Theorie das unabläugbare Factum zu erklären vermöge: *dafs die eben gedachte Verschonung*

der Leeseite der Felsen vor den Wirkungen der abscheuernden Kraft in hohem Grade zunimmt, je mehr man sich den niedrigen Küsten- und Fjord-Gegenden nähert, während zugleich die Intensität des Frictionsphänomens in diesen Gegenden auf's Höchste gesteigert ist? Man sollte meinen, dafs eine aus Eis und Geschieben bestehende Conglomeratmasse, die sich, bei der Zurundung der auf hochliegenden Landstrichen so häufig vorkommenden bauchförmigen Felspartien, so plastisch und beweglich gezeigt hat, und die sich sogar, bei der Abscheuerung der Stofsseite vieler in den Küsten- und Fjord-Gegenden befindlichen Klippen nicht weniger plastisch und beweglich zeigte, unmöglich die Leeseite der letzteren so *ganz und gar* verschont haben könne. Man kann hierbei nicht einwenden, dafs die Gletscher in den niederen Küstengegenden nur Schaalen von geringer Mächtigkeit bildeten, welche durch ihre eigene Schwere nicht mehr hinreichend zusammengedrückt wurden, um sich an hervorragende Felspartien vollkommen anzuschmiegen; *dieser Einwand würde mit der so sehr in die Augen fallenden Intensitätszunahme des Frictionsphänomens in den Küstengegenden im directesten Widerspruche stehen.* Dafs dagegen die Sefström'sche Theorie, vermittelst der sehr natürlichen Geschwindigkeitszunahme einer sich vom Innern des Landes über die Küsten hinstürzenden Wasserfluth, dieses Phänomen höchst genügend zu erklären vermag, bedarf kaum der Andeutung.

Aufser Sefström haben sich besonders Böthlingk, Keilhau und früher auch v. Buch für die Ansicht ausgesprochen, dafs die Ursache des Frictionsphänomens in Skandinavien in einer gewaltigen Wasserfluth zu suchen sey, und diese Ansicht dürfte sich wohl ohne Zweifel nach und nach die Herrschaft erringen. Dafs grofse Theile der Felsmasse Skandinaviens einst durch ein grofses Naturereignifs hinweggeführt wurden, ist eine feststehende Thatsache, für welche sich in fast allen Theilen des Lan-

des unzweideutige Belege finden. An mehreren Stellen in der Nähe des Christianenser Uebergangsterritorium läfst es sich deutlich erkennen, dafs grofse Strecken des Urgneuses, die jetzt blofs gelegt sind, früher mit Schichten des Uebergangsgebirges bedeckt waren; an vielen Punkten in der Umgegend von Christiania sieht man Porphyr- und Grünsteingänge, auf ganz horizontalem Terrain, gleich abgerundeten Mauern und Wällen, zuweilen mehrere Klafter hoch aus dem Thonschiefer hervorragen. Die Entstehung einiger isolirter Berge, wie z. B. des Sölvsbjerg in Hadeland, läfst sich kaum auf eine andere Weise erklären, als dadurch, dafs die sie früher umgebenden Gebirgsmassen gewaltsam fortgerissen wurden. Dafs wahrscheinlich auch die Bildung der sogenannten Erosionsthäler, wenigstens *zum Theil*, hierher zu rechnen sey, habe ich schon früher angedeutet. Bedenkt man endlich die Vertheilung der nordischen Geschiebe innerhalb eines grofsen Kreissegmentes, welches, nach Pusch, Skandinavien und Russisch-Finnland zum Centrum habend, England tangirt, und in Holland, Nord-Deutschland, Polen und Rufsland einschneidet, so wird es in der That unbegreiflich, wie man zur Erklärung aller dieser im Causalzusammenhange stehenden Thatsachen etwas Anderes ausfindig machen will, als eine von den genannten Centralländern, conform ihrer Abdachung, radial ausgehenden Wasserfluth. Dennoch aber will ich es nicht zu entscheiden wagen, ob die Sefström'sche Theorie einst ihre Herrschaft auch über die Schweizer Alpen ausdehnen werde.

Es läfst sich nicht in Abrede stellen, dafs es seine Schwierigkeiten hat, sich die Ursachen einer solchen Wasserfluth klar zu machen; denn es bleibt immer ein unbequemes Experiment, ein so ausgedehntes Land, wie Skandinavien, mit einem Ruck aus dem Meere emporzuheben, und gleichwohl giebt es kein anderes Mittel sich die, nach fast allen Beobachtungen, besonders aber nach denen

von Keilhau, weit mehr radiale als longitudinale Fluth zu erklären, wenn man nicht etwa annehmen will, dafs das Wasser vom Himmel gefallen sey! Berücksichtigen wir übrigens das unbestreitbare Factum, dafs Skandinavien, noch nach der Entstehung des Frictionsphänomens, ja sogar während der geschichtlichen Zeit gehoben worden ist, und dafs es sich sehr wahrscheinlich selbst gegenwärtig noch in einem langsamen Emporsteigen begriffen befindet, so verliert jene Annahme vieles von ihrer Unwahrscheinlichkeit. Dafs diese Hebungen zum Theil *ruckweise* geschahen, worauf es natürlich hierbei ankommt, wird durch eine Localität, etwa 2 Meilen von Christiania, in der Nähe von Asker, sehr klar vor Augen gelegt. An einer steilen Felspartie des Uebergangsthonschiefers, sieht man hier, ungefähr 150 Fufs über dem jetzigen Meeresspiegel, eine Reihe kleiner Löcher, welche von Bohrmuscheln herrühren; in mehreren dieser Löcher werden sogar noch die Schaalen dieser Thiere angetroffen. Dieses Factum beweist mit grofser Schärfe, dafs der Spiegel des Meeres einst diesen schmalen Gürtel der Bohrmuschellöcher durchschnitt. Gewifs aber würde man hier keine schmale isolirt stehende Zone solcher Cavitäten antreffen, wenn das Meer *nach und nach* sein Niveau verändert hätte, oder wenn das Land *allmälig* aus demselben emporgestiegen wäre; in solchem Falle würde auch die Colonie der Bohrmuscheln eben so allmälig dem sinkenden Meeresspiegel gefolgt seyn, und man würde, anstatt jener schmalen *Zone*, ganze Felsenwände, bedeckt mit solchen Aushöhlungen, vorfinden.

Nichts in der Natur hat einen plötzlichen Anfang und ein plötzliches Ende. Eine Erhebung Skandinaviens, wie sie zur Entstehung der petridelaunischen Fluth erfordert wird, läfst sich wohl kaum als eine isolirt stehende Kraftäufserung denken; dieselbe hat vielmehr sehr wahrscheinlich ihren allmäligen, mit Intervallen der Ruhe verbundenen Anfang gehabt, welcher sich endlich bis zur

mächtigen Kulminationswirkung steigerte, und dann wieder zu schwächeren Stadien überging. In diesen letzten Hebungsstadien scheint sich Skandinavien noch jetzt zu befinden, und es ist zu erwarten, dafs Zeiten kommen werden, wo dieses Land nicht mehr sein Niveau erhöht, ja vielleicht, wo es wieder anfängt in's Meer zurückzusinken. Jedoch glaube ich nicht, dafs die Bewohner Skandinaviens deshalb nöthig haben werden baldigst auszuwandern! —

Ehe ich diesen Aufsatz schliefse, will ich noch Einiges über eine Erscheinung anführen, von welcher man gewöhnlich annimmt, dafs sie in enger Verbindung mit dem Frictionsphänomen stehe, nämlich über das ziemlich häufige Auftreten der sogenannten Riesentöpfe in Skandinavien, besonders in Norwegen. Unter Riesentöpfen (*Gjettegryder*) versteht man bekanntlich mehr oder weniger cylinderförmige, nach unten zu sphärische Aushöhlungen im anstehenden Felsgesteine, von denen man anzunehmen pflegt, dafs sie durch Steine gebildet worden sind, welche vom Wasser im Kreise herumbewegt wurden. Das kreisförmige Herumführen dieser Steine setzt natürlich einen Strudel im Wasser voraus, und dieser kann hauptsächlich nur da entstehen, wo ein schnell fliefsender Wasserstrom sich an einer scharfen Kante stöfst, hinter welcher er sich wieder ausbreiten und ungehindert weiter fliefsen kann. Diese Bedingungen findet man am häufigsten bei Wasserfällen erfüllt, die sich, auf stark geneigtem Rinnsal, durch enge Felsspalten drängen oder an vorspringenden Felspartien vorüberschiefsen. Auf meiner bereits im Vorhergehenden erwähnten Reise durch Tellemarken und Sättersdalen hatte ich Gelegenheit einige Beobachtungen über das Vorkommen und die Bildungsweise der Riesentöpfe anzustellen, welche ich in dem Folgenden mittheilen will.

Ein sehr instructives Bild von der Entstehung der Riesentöpfe zeigt der Gryde-Fofs (Topf-Fall) in der Nähe von Höidalsmoe-Kirche bei Laurdal, in Oevre-Tellemarken. Fig. 12, Taf. II, giebt eine Skizze dieses Wasserfalls mit seinen fünf Riesentöpfen *a*, *b*, *c*, *d* und *e*, von denen *c* und *d* zusammenhängen, indem ihre ehemalige Scheidewand jetzt durchbrochen ist. Die Aushöhlung *a* mag, nach einer Augenmaafsschätzung, einen Diameter von etwa 5 bis 6 Fufs haben. Ueber die Tiefe dieser Aushöhlungen liefs sich nichts bestimmen, da ich, des hohen Wasserstandes wegen, nicht an die Seite des Flusses gelangen konnte, an welcher sich die Riesentöpfe befanden. Bei einigen derselben war es deutlich zu sehen, dafs sich das Wasser in ihnen im Kreise bewegte, was aber nicht geschehen konnte, wenn die Wassermasse des Wasserfalls geringer ist, als sie sich damals zur Zeit eines schon mehrere Wochen anhaltenden, ungewöhnlich starken Regenwetters [1]) zeigte.

Vollkommen analog mit diesen localen Verhältnissen ist das Vorkommen zweier Riesentöpfe beim Skjeis-Fofs, nicht weit vom Hofe Lindtvedt, Aaraks-Bygd, in Sätersdalen. Ich halte es für überflüssig, eine Abbildung dieses Wasserfalles zu geben, da man sich in Fig. 12 nur zwei Riesentöpfe anstatt fünf derselben zu denken braucht, um ein hinlänglich genaues Bild von dieser Localität zu haben.

Auch beim Hallands-Fofs, hinter Valle-Kirche in Sätersdalen, kommt ein Riesentopf von bedeutender Gröfse auf ganz ähnliche Weise vor. Dieser war aber, des erwähnten Regenwetters wegen, gänzlich unter Wasser gesetzt, und ich konnte seine Lage nur durch einen Baumstamm erkennen, welcher zufällig hineingerathen war, und mit

1) Ein so regenvoller Sommer, wie der des Jahres 1844, ist vielleicht seit einigen Decennien weder in Norwegen noch Schweden vorgekommen.

mit seinem einen Ende aus dem Wasser hervorragte. So viel liefs sich jedoch, beim Auf- und Abwogen des zu Schaum zerschlagenen Wassers erkennen, dafs die Mündung des Topfes dicht unter der Oberfläche desselben lag.

Der Grove-Hul-Fofs, bei Sillejords-Kirche in Oevre Tellemarken, hat ein Aussehen wie Fig. 13, Taf. II, angiebt. Bei *a* befindet sich eine Aushöhlung, welche genau aussieht wie die eine Hälfte eines Riesentopfes. Das Felsstück, in welchem sich die andere Hälfte desselben befand, ist also wohl auf irgend eine Art hinweggeführt worden. Aber auch der ganze untere beckenartige Raum, in den sich das Wasser stürzt (auf dem Bilde ist derselbe durch den Felsen *A* verdeckt), bildet einen grofsen Riesentopf von etwa 20 Fufs Durchmesser. Der Grundrifs desselben sieht etwa aus wie Fig. 14, Taf. II, angiebt. Indem sich das Wasser, beim Ausflufs aus dem vorn durchbrochenen Topfe an die scharfe Kante *b* stöfst, wird ein Theil desselben im Kreise bewegt.

Diese Beispiele, besonders die beiden zuerst angeführten, werden hinreichend seyn, um einleuchtend zu machen, dafs die betreffenden Riesentöpfe ihre Entstehung, wenigstens den Anfang derselben, nicht einer Zeit verdanken können, in welcher die orographischen Verhältnisse genau dieselben waren wie die jetzigen, sondern dafs der Wasserstand damals ein höherer gewesen seyn mufs. Diefs angenommen, hat die Entstehung der gedachten Riesentöpfe wohl eben nichts Räthselhaftes, zumal wenn man erwägt, dafs, nach der Bildung derselben, gewifs mehr oder weniger bedeutende Veränderungen in der Umgebung derselben vorgegangen sind, wodurch ihre Entstehung zuweilen weniger motivirt erscheint. Localitäten, von denen diefs Letztere ganz besonders gilt, traf ich ebenfalls auf meiner Reise, die eine bei Brevig und die andere auf Sandöe.

Bei Brevig trifft man an einer steilen, bei der Einmündung des Frier-Fjord in den Langesund-Fjord, am

Meeresufer gelegenen Felswand, zwei Riesentöpfe dicht neben einander, in der Art wie Fig. 15, Taf. II, angiebt. Die Tiefe dieser Töpfe, deren vordere Wände abgebrochen sind, konnte ich nicht ermitteln, da beide bis zur Meeresoberfläche *a* ganz mit Geschieben angefüllt waren. Der kleinere Topf ragt mit seinen abgeschliffenen Wänden etwa 5, und der gröfsere 20 Fufs aus dem Wasser hervor. Der Diameter des ersteren beträgt ungefähr 9 und der des anderen ungefähr 20 Fufs. In geringer Entfernung von beiden sieht man noch einen dritten, kleineren Topf von 6 Fufs Diameter und 2 Fufs Tiefe bis zur Geschiebeausfüllung.

In der Meerenge zwischen Sandöe und der westlich davon liegenden gröfseren Insel finden sich an einer steilen Felswand, in einer Höhe von wenigstens 50 Fufs über dem Meere, drei Riesentöpfe dicht neben einander. Der Durchmesser des gröfsten beträgt ungefähr 4 Fufs. Alle sind mehr oder weniger mit Geschieben angefüllt. Die erwähnte Felswand zeigte zugleich starke Frictionsstreifen und sonderbare Aushöhlungen, deren Entstehung man sich kaum anders erklären kann, als durch die Annahme, dafs ein früher hier in Thätigkeit gewesener, lange anhaltender und heftig wirkender Wasserstrom auf Hindernisse getroffen ist, welche jetzt nicht mehr vorhanden sind.

Aus den angeführten Beispielen scheint mir hervorzugehen, dafs die Riesentöpfe, wenigstens die hier erwähnten, entstanden sind 1) während einer Zeit, zu welcher der Wasserstand in Norwegen um ein Beträchtliches höher war als jetzt, 2) an Orten, wo sich der Strömung des Wassers Hindernisse in den Weg stellten, namentlich also in verhältnifsmäfsig engen Rinnsalen. — Dafs die Sefström'sche Geschiebefluth sehr wirksamen Antheil an der Bildung der Riesentöpfe genommen haben mufs, liegt klar vor Augen; es ist aber durchaus nicht nothwendig anzunehmen, weder dafs diese Fluth

sämmtliche Riesentöpfe hervorgebracht, noch dafs sie die wirklich hervorgebrachten bis zu *dem* Grade ihrer Ausbildung vollendet habe, in welchem dieselben jetzt angetroffen werden. Wahrscheinlicherweise ist jene Fluth nur die Urheberin der *Anfänge* vieler Riesentöpfe gewesen, und der Grund zur Fortbildung derselben dürfte in den atmosphärischen Niederschlägen zu suchen seyn, welche zur Zeit derjenigen geologischen Periode, innerhalb welcher das grofsartige Ereignifs der petridelaunischen Fluth stattfand, gewifs ungleich bedeutender waren, als sie jetzt vorkommen können.

VII. *Einige Bemerkungen über die Versuche des Hrn. Williamson, betreffend das Ozon; von C. F. Schönbein.*

Die Meinungen, die bis jetzt über das, unter dem Einflufs des Phosphors aus der atmosphärischen Luft sich entwickelnde riechende Princip geäufsert werden, weichen so sehr von einander ab, als diefs nur immer möglich ist. Nach dem Einen ist dasselbe salpetrichte oder Salpetersäure, nach Andern unterphosphorichte oder phosphorichte Säure, nach de la Rive und Marignac Sauerstoff, modificirt durch die Elektricität, welche sich bei der Einwirkung des Phosphors auf Sauerstoff entbinden soll; man hat einmal auch von Arsenikoxyd oder arsenichter Säure gesprochen, welche sich bei der Oxydation des Phosphors bilde, und Einige wollten sogar eine eigenthümliche organische Materie, die in der Luft vorhanden sey und vom Phosphor modificirt werde, in meinem Ozon sehen. Hr. Williamson hat nun auch seine Ansicht über den fraglichen Gegenstand geäufsert, und einfach erklärt, dafs der bei der Einwirkung des Phosphors auf

feuchte atmosphärische Luft auftretende riechende Körper in gar keiner Beziehung zu dem durch die elektrolytische Wasserzersetzung erzeugten Ozon stehe. Zu sagen, was denn dieser eigenthümliche Geruch sey, dessen hat sich Hr. Williamson gänzlich enthalten. Wenn Hr. W. von meinen eigenen Versuchen sowohl als denen des Hrn. Marignac Kenntnifs genommen hat, so mufs es auffallen, wie der englische Chemiker zu einem solchen Endergebnifs gelangen konnte; denn derselbe hätte in einem solchen Falle wissen müssen, dafs das mit Hülfe des Phosphors erzeugte Ozon haarscharf alle die Eigenschaften hat, welche das auf Voltaischem oder elektrischem Wege dargestellte besitzt. Oder hat er etwa meinen und Marignac's Angaben keinen Glauben geschenkt? Selbst auf die Gefahr hin, mich zu wiederholen, bemerke ich hier, dafs, wie das Volta'sche, so das mit Hülfe des Phosphors erzeugte Ozon, nachdem letzteres sorgfältigst durch Waschen mit grofsen Mengen Wassers von aller Säure befreit worden, unter andern folgende Eigenschaften besitzt:

1) Es zerstört mit grofser Energie alle Pflanzenfarben, so dafs ich z. B. neuerlich damit ziemlich grofse Stücke von mit Indigo gefärbtem Baumwollenzeug und roher Leinwand blendend weifs gebleicht habe.
2) Es oxydirt bei gewöhnlicher Temperatur die Metalle bis zum höchsten Grade, dessen sie fähig sind, selbst das Silber nicht ausgenommen.
3) Eine Reihe von Oxyden, wie z. B. diejenigen des Bleies, des Mangans, des Kobalts, des Nickels, des Silbers, werden bei ihrer Berührung mit chemischem Ozon und gewöhnlicher Temperatur in die Hyperoxyde dieser Metalle übergeführt.
4) Jod wird durch chemisches Ozon in Jodsäure, Phosphor in Phosphorsäure, schweflichte Säure in Schwefelsäure, Untersalpetersäure in Salpetersäure rasch verwandelt.

5) Es verwandelt viele Schwefelmetalle schnell in schwefelsaure Salze, wie z. B. das Schwefelblei.
6) Es führt Jodkalium in jodsaures Kali über.
7) Es zersetzt Schwefel-, Selen-, Phosphor- und Jodwasserstoff bei gewöhnlicher Temperatur augenblicklich.
8) Es verwandelt das gelbe Blutlaugensalz in das rothe.
9) Es wird bei derselben Temperatur zerstört, bei welcher das Volta'sche Ozon vernichtet wird.
10) Es löst sich in Wasser eben so wenig als das Volta'sche Ozon auf.
11) Es riecht wie das Volta'sche, polarisirt wie das Volta'sche, wirkt physiologisch wie das Volta'sche Ozon.

Das chemische Ozon unterscheidet sich mit einem Worte nach meinen bisherigen Versuchen durch gar nichts von dem Volta'schen, und wenn Hr. Williamson sich die Mühe geben will, in einige mit Luft gefüllte und einiges Wasser haltende Ballone Phosphorstücke mit reiner Oberfläche zu bringen, und das Ganze nur wenige Stunden lang einer Temperatur auszusetzen, so wird er sich auf die leichteste und befriedigendste Weise überzeugen, dafs meine Angaben vollkommen richtig sind. Warum Hr. W. mit seinem, durch Asbest mechanisch zertheilten Phosphor kein Ozon erhielt, lag gerade in der Weise, wie er seine Versuche anstellte, begründet. Einmal erzeugt sich, wie diefs oben angeführt wurde, beim Strömen der Luft über Phosphor überhaupt sehr wenig Ozon, und dann hatte der sehr zertheilte Phosphor Gelegenheit das Bischen, unter seinem Einflufs gebildete Ozon sofort wieder aufzunehmen; denn wie meine Versuche zeigen, verschluckt, wie die übrigen oxydirbaren Körper, so auch der Phosphor das Ozon, sey es Volta'schen oder chemischen Ursprungs, mit grofser Begierde, und wirkt derselbe, wenn fein zertheilt, auf eine Ozonatmosphäre gerade wie Eisenfeile u. s. w. Um freies

Ozon mit Hülfe des Phosphors zu erhalten, kann man daher nicht wohl unzweckmäfsiger verfahren, als Luft durch fein zertheilten Phosphor strömen zu lassen.

Schliefslich nur noch ein Wort. Hr. Williamson ist offenbar ein angehender Chemiker; er wird es mir daher, als einem älteren Manne, nicht verübeln, wenn ich ihm bei diesem Anlasse den wohlgemeinten Rath gebe, künftighin etwas behutsamer zu seyn, bevor er über Angaben, die das Ergebnifs vieljähriger Untersuchungen eines Dritten sind, sein Urtheil eröffnet.

VIII. *Versuche über künstliche Bildung von entzündlichem Blut durch Arzneiwirkungen; von Dr. C. H. Schultz, Prof. in Berlin.*

In dem »System der Circulation« (S. 66 f.) habe ich bereits durch Versuche gezeigt, dafs man durch Zusatz von Salzen zum, aus der Ader geflossenen Blut die Plasticität desselben so verringern kann, dafs die Fasergewebebildung sehr vermindert und zuletzt aufgehoben wird. Ebendaselbst (S. 85) habe ich bereits angeführt, dafs scharfe Arzneien die Blutgerinnung verstärken und ein ganz rothes Serum erzeugen. Es lag hiernach nahe, dafs die reizenden und entzündungerregenden Arzeneien durch Vermischung mit Blut den entgegengesetzten Zustand, wie die Salze, müfsten erzeugen können, nämlich die Fasergewebebildung zu erhöhen, und wie im entzündlichen Blut den gerötheten Farbstoff zur Auflösung im Plasma und im Serum zu bringen. Diese Voraussetzung hat sich in folgenden Versuchen durchaus bewährt, aus denen sich ergiebt, dafs man die Fasergewebebildung im gerinnenden Blut durch Zusätze von reizenden Arzeneien erhöhen, und diese Erhöhung bis auf das Doppelte der im reinen Blut

sich bildenden Fasergewebemenge steigern kann, wobei sich, wie im entzündlichen Blut, der geröthete Farbstoff im Plasma löst. (Vergl. Allg. Krankheitslehre, S. 489.)

1) Versuche mit Venenblut von einem gesunden Pferde.

Das Blut wurde in Cylindergläsern, welche die zu prüfenden Arzneien enthielten, aus der Ader aufgefangen, dann zur freien Gerinnung hingestellt, in seinen Veränderungen beobachtet und nach Verlauf von 24 Stunden das Fasergewebe ausgewaschen.

Auf diese Art erhielt ich an Fasergewebemengen:

	Gewicht		in Procent.	
	feucht.	trocken.	feucht.	trocken.
	Gran	Gran		
Von 15 Drachmen reinem Blut	13	3¼	1,44	0,36
- 9 Dr. vermischt mit 1 Dr. *Spir. camph.*	13	3½	2,40	0,64
- 9 - - mit ½ Dr. *Spir. camph.*	11	2¾	2,03	0,50
- 10 - - - ½ Dr. *Ol. Terebinth.*	10	2½	1,66	0,41
- 17 - - - 1 Dr. *Ol. Terebinth.*	20	5⅛	1,97	0,41
- 17 - - - 1 Dr. eines Gemenges von gleichen Theilen *Ol. Terebinth.* mit Alkohol	26	7⅛	2,54	0,69
- 17 - - - 2 Dr. desselb. Gemeng.	23	7	2,25	0,68
- 12 - - - 1 Dr. *Tinct. Pimpinell.*	11	3	1,52	0,41
- 10 - - - 1 Dr. *Tinct. Cantharid.*	10	2½	1,66	0,41
- 12 - - - 1 Dr. *Ol. Petrae* . . .	15	3	2,08	0,41
- 20 - - - 1 Dr. *Decoct. Quercus*	20	5	1,66	0,41
- 18 - - - 2 Dr. *Decoct. Quercus*	17	4½	1,57	0,41
- 16 - - - 3 Dr. *Decoct. Quercus*	13½	4	1,41	0,41
- 10 - - - 1 Scrupel *Tinct. Spilanth. (Paraguay Roux)*	12	3	2,00	0,50
- 10 - - - 1 Dr. derselb. Tinctur	12	3	2,00	0,50
- 11 - - - 1 Dr *Spir. Cochleariae*	12	3½	1,81	0,53
- 12 - - - 1 Scrup. *Ol. Cajeput*	15	4¾	2,08	0,65
- 15 - - - ½ Dr. *Ol. Rorismarini*	24	6½	2,74	0,72
- 10 - - - 2 Gran *Chinin sulph.*	12	3	2,06	0,50
- 18 - - - 2 Gr. *Chinin sulph.* mit etw. Alkohol vermischt	17	5	1,57	0,46
- 7 - - - 1 Gr. *Strychnin nitric.*	8	2	1,9	0,47
- 16 - - - 2 Dr. Alkohol	13½	3¾	1,41	0,39

2) Versuche mit Venenblut von einem gesunden Pferde, das den Vormittag gedurstet hatte, daher concentrirter war. (Vergl. Versuche des menschl. Lebens, S. 311.)

Ich erhielt an Fasergewebe auf die angegebene Art:

	Gewicht		in Procent.	
	feucht.	trocken.	feucht.	trocken.
	Gran	Gran		
Von 15 Drachmen reinem Blut	20	6	2,22	0,62
- 11 Dr. mit 5 Gr. Campher vermischt . .	17	4¼	2,57	0,64
- 19 - - 20 Tropfen *Aether sulph.* . .	29	8	2,54	0,70
- 11 - - 8 Tr. *Tinct. spilanth. olerac.*	17½	4½	2,65	0,68
- 13 - - 10 Tr. *Tinct. Pimpinellae* . .	20	5½	2,57	0,64
- 7 - - 10 Tr. *Tinct. Opii simpl.* . .	11	3	2,61	0,71
- 7 - - 2 Gran *Morpl. acetic.* . . .	12	3¼	2,85	0,77
- 14 - - 7 Tr. *Ol. Petrae*	22	6	2,61	0,71
- 20 - - 10 Tr. *Ol. sinapeor. aeth.* . .	34	8¾	2,83	0,72
- 18 - - 10 Tr. *Ol. Terebinth. spirituos.*	27½	8	2,54	0,74
- 18 - - 10 Tr. *Ol. sabinae*	30	8¼	2,77	0,76
- 18 - - 5 Tr. Creosot	27	8	2,50	0,76
- 16 - - 8 Tr. *Ol. Rorismarini* . . .	26	7	2,70	0,72
- 11 - - 6 Tr. *Ol. Caryophyllorum*	17	5	2,57	0,75
- 12 - - 10 Tr. *Ol. Cajeput*	22	6	3,0	0,82
- 11 - - 10 Tr. *Aceton*	20	5¾	3,0	0,87
- 10 - - 25 Tr. *Tinct. Cinnamomi* .	20	5½	3,33	0,91

Beschaffenheit des Fasergewebes.

Das durch die verschiedenen Arzneien gewonnene Fasergewebe zeigt mancherlei kleine Verschiedenheiten. Im Allgemeinen war das durch die ätherischen Oele, den Aether und die Tinkturen gewonnene Gewebe sehr fleischroth und elastisch, das durch Chinin, Eichendekokt gewonnene mehr kurz, bröcklich; das durch Rosmarin- und Cajeputöl gewonnene zeichnete sich durch eine schwarzbraune Farbe aus, die sich auch nach langem Einweichen in Wasser nicht ganz verlor.

Auf dem mit Aether, Pimpinellentinktur, Paraguay Roux, Aceton, Morphin und Opium vermischten Blut hatte sich eine Entzündungshaut gebildet und die oberste Schicht der Blutblasen sehr hoch geröthet.

Beschaffenheit des Serums.

Das mit Rosmarinöl, Cajeputöl, ätherischem Senföl, alkoholischem Terpenthinöl, Creosot, Steinöl, Opiumtinktur und Morphin vermischte Blut war zu einer so festen Masse geronnen, dafs es kein Serum abschied; die mit den übrigen Arzeneien vermischten Blutportionen hatten mehr oder weniger Serum abgeschieden.

Unter diesen hatten ein gelbrothes, wenig mehr als das reine Blutserum, gefärbtes Serum gegeben: Kampher, Eichendekokt.

Ein hochroth concentrirt gefärbtes, aber klares Serum hatten gegeben: *Ol. Caryophyllorum*, *Ol. Sabinae*, *Tinct. Cinnamomi*, *Tinct. Pimpinellae*, *Tinct. Spilanthes*, *Aether sulph.*, *Aceton.*

Veränderung der Blutblasen.

Die mikroskopische Untersuchung der Blutblasen zeigte, dafs diese durch alle genannten Mittel aufgeschwollen, aus der platten in mehr oder weniger runde Formen übergegangen waren, wie ich es ähnlich im entzündeten Blut beschrieben habe. Die Blasen erschienen dabei mehr oder weniger entfärbt, in dem Maafse als der Farbstoff im Serum oder Plasma aufgelöst war. Die Bläschen werden dabei von Ansehen mehr oder weniger perlend, und erscheinen um so mehr isolirt, als sie Farbstoff verloren haben und blafs geworden sind; um so mehr zusammenklebend, als sie noch roth erscheinen. Am meisten waren die Blasen entfärbt durch Rosmarinöl, Cajeputöl, Terpenthinöl, Campherspiritus. Zwei Drachmen Terpenthinöl zu 2 Unzen Blut gesetzt, entfärben die Blasen so vollständig, dafs sie glasartig hell aussehen und das ganze Blut durchsichtig wird, so dafs man die Blasen für ganz aufgelöst halten könnte. Aehnliches sieht man nach Vermischung gröfserer Mengen von Rosmarinöl, Steinöl, Aether, Alkohol mit Blut. Je geringer

die Menge der zum Blut gesetzten ätherischen Oele ist, desto weniger entfärben und verändern sich die Blasen.

Die Tinkturen (von Opium, Zimmt, Pimpinellenwurzel, Canthariden) entfärben in den angegebenen Mengen die Blasen weniger, daher erscheinen sie mehr aufgeschwollen, undurchsichtig gefärbt.

Im Ganzen wird durch alle genannte Mittel die Contractilität und Reizbarkeit der Blasenmembranen, wie im entzündlichen Blut, aufserordentlich erhöht, und um so mehr, je mehr sie entfärbt sind. Man sieht diefs auffallend, wenn man die durch ätherische Mittel aufgeschwollenen Blasen in Salzwasser bringt, wo sie augenblicklich sich im höchsten Grade zusammenziehen, abplatten und verkleinern. Die in Blausäure gelähmten Blasen, auch die Blasen aus Coniinblut, werden gelähmt; dagegen durch Opium, Chinin, Strychnin die Contraction erhöht wird.

Mehr perlend erscheinen die Blasen nach Rosmarinöl, Terpenthinöl, Cajeputöl. Mehr confluent nach Opium, Zimmt, Pimpinellentinktur, Chinin, Strychnin, Eichendekokt, Aether, Senföl, *Spiritus Cochleariae.*

IX. *Notiz über die Untersuchungen des Eises als festen Körpers; von W. Struve.*

(Aus dem *Bullet. de la Classe physico-math. de l'acad. de St. Petersb., T. IV. p.* 169.)

Nach den Angaben von Pl. Heinrich soll die Ausdehnung des Eises als festen Körpers für 80° R. 0,024512 der Länge betragen. Diese Zahl figurirt so namentlich in Gehler's physikalischem Wörterbuche, neue Ausgabe, und in den Schumacher'schen Jahrbüchern. Wäre sie richtig, so betrüge die Längenänderung des

Eises mehr als das 7fache gegen die des Zinks, welches unter allen andern festen Körpern, und namentlich allen Metallen, die stärkste Ausdehnung hat. An der Richtigkeit der Angabe Heinrich's zweifelte ich längst, weil ihr zufolge bei einer Temperaturänderung von 20° R. die Längenveränderung des Eises nahezu $\frac{1}{160}$ betragen müfste, oder etwa 22 Fufs auf eine Werst Eis. Das widerspricht aber den Erscheinungen, welche unsere Eisflächen im Winter darbieten, die zwar die Thatsache der Zusammenziehung des Eises bei zunehmender Kälte über alle Zweifel erheben, aber doch keinesweges z. B. auf der Entfernung von 24 Werst zwischen der Mündung der Newa und Kronstadt eine Summe der Spalten und der Verschiebungen am Ufer von über 500 Fufs darbieten, wenn plötzlich nach Thauwetter eine Kälte von über 20° R. sich einstellt. Wenn aber ein deutscher Physiker, Hr. Petzholdt, noch im Jahre 1843 aus directen Versuchen hat beweisen wollen, dafs das Eis sich bei zunehmender Kälte ausdehne, und darauf eine neue Theorie des Vorrückens der Gletscher begründete, so sieht man, dafs er einen verunglückten Cabinetsversuch gemacht hat, ohne die Erscheinungen in der Natur zu kennen, über die ihm jeder Bauer des Nordlandes hätte Auskunft geben können.

Schon seit längerer Zeit beabsichtigte ich, die Versuche über die Ausdehnung des Eises vorzunehmen, für deren vollständige Ausdehnung sich in Pulkowa alle vortheilhafte Umstände vereinigten. Die Wichtigkeit des Phänomens in Bezug auf die noch immer schwebende Frage über die Bewegung der Gletscher hat mich jetzt zur Ausführung schreiten lassen. Ich übertrug die Versuche zweien jüngeren Gelehrten unserer Sternwarte, dem Hrn. v. Schumacher aus Copenhagen und dem Mechaniker, Hrn. Pohrt. Die Versuche sind bis jetzt an zwei Eiscylindern aus luftfreiem Wasser, von über 5 Fufs Länge, ausgeführt worden, und gehen von —1° R. bis

auf —22° R. Vorläufig berechnet sind nur erst die Schumacher'schen Versuche, bei welchen die Differenzen der mittleren Temperatur in den drei Hauptreihen auf 15°,85, 13°,21 und 15°,65 gehen. Diese Rechnung hat gegeben:

1) Die Ausdehnung für 80° R. = 0,00529 aus der 1. Reihe,
532 - - 2. -
529 - - 3. -

Mittel: 0,00530 [1]).

2) Sehr nahezu ist die Ausdehnung von —1° bis —22° durch alle Grade des Thermometers eine gleichförmige.

3) Es ist also der Coëfficient von Pl. Heinrich 0,024512 gänzlich falsch, und gegen fünf Mal gröfser als unsere Versuche ihn geben.

Die Versuche gehen noch fort. So wie sie geschlossen sind, werde ich der Academie die beiden Arbeiten der HH. Schumacher und Pohrt vorlegen, nebst den aus beiden gefolgerten Schlüssen.

X. *Dr. Petzholdt's Versuche über die Dichtigkeit des Eises bei verschiedenen Temperaturen.*

Die im Winter 18$\frac{42}{43}$ von Hrn. Dr. A. Petzholdt zur Ermittlung der Dichtigkeit des Eises bei verschiedenen Temperaturen angestellten Versuche [2]), woraus ich das Resultat berechnet hatte, dafs das Eis bei Zunahme der

1) Diefs Mittel stimmt ziemlich mit dem von C. Brunner durch Wägung gefundenen Werth 0,00375 für 1° C., was für einen Réaumur'schen Grad 0,00469 macht. (S. Ann., Bd. 64, S. 113.) *P.*

2) A. Petzholdt, Beiträge zur Geognosie von Tyrol, 1843.

Kälte sich ausdehne und bei Abnahme derselben sich zusammenziehe, sind von Demselben in den beiden folgenden Wintern fortgesetzt worden. Hr. P. sah bei diesen neuen Versuchen von künstlich erzeugter Kälte ab, und wählte zur Dichtigkeitsbestimmung den Weg der directen Messung. Er schlofs zu diesem Endzwecke Eisstücke in ein mit Quecksilber gefülltes Glasgefäfs ein, durch dessen eingeriebenen Glasstöpsel hindurch eine an beiden Enden offene Thermometerröhre, so wie ein Thermometer in das Quecksilber hinabreichten. Der Stand des Quecksilbers in der Glasröhre liefs, nachdem vorher die Ausdehnung des Gefäfses ermittelt worden war, auf die Ausdehnung oder resp. Zusammenziehung der Eisstücke schliefsen. Als ferner im Anfange dieses Jahres Hr. C. Brunner in derselben Absicht angestellte Versuche bekannt machte [1]), ward auch die Brunner'sche Methode mit hydrostatischer Wägung in Steinöl von Hrn. P. in Anwendung gebracht. Aus allen diesen Versuchen, so weit sie von mir der Rechnung unterworfen werden konnten, habe ich, entgegengesetzt der früher aufgestellten Behauptung, das Resultat gefunden, dafs sich bei ihnen *das Eis, wie alle festen Körper, bei Temperaturabnahme zusammenzog und bei Temperaturerhöhung ausdehnte.* Ein zuverlässiger Ausdehnungscoëfficient konnte aber bis jetzt noch nicht bestimmt werden, da theils nicht hinreichend grofse Eisstücke benutzt worden waren, theils nicht hinlängliche Temperaturdifferenzen zu Gebote standen, endlich auch bei der directen Messung sich Fehlerquellen zeigten, die noch nicht gänzlich beseitigt werden konnten. Im Laufe des nächsten Winters gedenkt daher Hr. P. unter möglichst günstigeren Umständen seine Beobachtungen fortzusetzen, namentlich mit Rücksicht auf den Versuch von Hrn. Marchand, der wegen der Gröfse des in Anwendung gebrachten Eisstückes und der Benutzung des Quecksilbers zur hydrostatischen Wägung

1) In dieser Zeitschrift, Stück I, dieses Jahrganges.

vor allen früheren den Vorzug verdienen dürfte [1]. Jedenfalls wird Hr. P. dann selbst das Nähere ausführlich mittheilen.

Osmar Fort,
Lehrer der Mathematik in Dresden.

XI. *Ueber die Bildung der unterjodigen Säure, und die bei den Umwandlungen dieser neuen Säure stattfindenden Reactionen;*
vom Dr. Koene.
Professor der Chemie an der Universität zu Brüssel.

Seitdem die schönen Untersuchungen der HH. Balard, Gay-Lussac und Pelouze über die Einwirkung des Chlors auf das Quecksilberoxyd bekannt geworden sind, und die Existenz der Unterjodsäure von Hrn. Millon bewiesen worden ist, haben alle Chemiker, welche die Analogie berücksichtigten, die zwischen dem Chlor und dem Jod herrscht, diesem letzteren das Vermögen zugeschrieben, unter gewissen Umständen die der chlorigen und der unterchlorigen Säure entsprechenden Säuren zu bilden. Wenn man auf die innige Verbindung Rücksicht nimmt, welche zwischen der Wissenschaft und den Ideen, die ihren Fortschritt leiten, besteht, so muſs es sehr wahrscheinlich werden, daſs diejenigen, welche die Bildung der Oxysäuren des Chlors studirten, Untersuchungen angestellt haben oder in diesem Augenblicke anstellen, um die entsprechenden Säuren des Jods aufzufinden.

Aber obgleich die jodige und die unterjodige Säure sich bilden können, so kann man sie doch nicht unter den Umständen erhalten, welche die Bildung der chlori-

1) S. Erdmann's Journ. für pract. Chemie, Bd. 35, Heft 4.

gen und der unterchlorigen Säure begünstigen. Diefs liegt vorzüglich an dem Streben der Jodsäure, sich allemal zu erzeugen, wenn sein Radical sich mit dem Sauerstoff verbindet.

Wenn man bei der gewöhnlichen Temperatur das Jod mit dem Quecksilberoxyd in Berührung bringt, so entsteht nach und nach Jodquecksilber und jodsaures Quecksilberoxyd; wenn man aber die Mischung erhitzt, so findet man nur Jodquecksilber und Oxygengas.

Wenn man unterchlorjodige Säure auf $\dot{Hg}$ einwirken läfst, so reagirt das Chlor, als ob es frei wäre. Jod setzt sich da ab, wo die Affinitäten des Chlors in's Spiel gebracht worden sind.

Wenn man eine Auflösung des Jods im Alkohol mit auf trocknem Wege bereiteten $\dot{Hg}$ umschüttelt, so entfärbt sie sich auf eine merkliche Weise, und es setzt sich Jodquecksilber ab.

Aber wenn man sich in diesem Falle des auf nassem Wege bereiteten Oxyds bedient, so entfärbt sich die Flüssigkeit dermafsen, dafs sie nach einigen Secunden ganz blafsgelb ist.

Wenn man in diesem Augenblicke einen Theil von ihr durch Quecksilberoxyd sickern und in eine Auflösung von Stärkmehl fallen läfst, so wird diese milchig in Folge des HgJo, das die alkoholhaltige Flüssigkeit in Gegenwart des Wassers fahren läfst. Bald nachher wird die Stärkeauflösung purpurfarben und am Ende violett.

Wenn man die alkoholhaltige Auflösung durch Papier seiht, so wird die Stärkeauflösung durch ihre Berührung augenblicklich violett gefärbt. Sie wird im Gegentheile milchigt, wenn jene nicht abgeklärt ist und einen Ueberschufs von $\dot{Hg}$ in Schwebe hält, welches die vermittelst des Jods blau gefärbte Stärkeauflösung entfärbt.

Die Flüssigkeit wird auf der Stelle dunkelblau, wenn

man, anstatt die entfärbte alkoholhaltige Auflösung der Stärkmehlauflösung hinzuzufügen, sie erst nach der Abklärung mischt.

Eine durch Quecksilberoxyd, Papier oder gestofsenes Glas geseihte Auflösung läfst ebenfalls Jod fahren, setzt ein weifses Pulver ab, und nimmt nach Verlauf einiger Stunden eine eben so starke Färbung an, als die Auflösung des Jods in Alkohol, die zu den Versuchen gedient hat.

Aus diesem Allen geht hervor, dafs das Jod, in Alkohol aufgelöst, sich auf Kosten des Sauerstoffs des $\dot{H}g$ oxydirt, und eine Verbindung bildet, die sich bei ihrem Entstehen verwandelt.

Es giebt folglich eine Oxysäure des Jods, welche weniger Sauerstoff enthält als die Jod- und die Unterjodsäure. Die Analogie ermächtigt uns, sie als die der $\dot{C}l$ entsprechende Säure zu betrachten.

Um diefs zu bestätigen verschaffte man sich reines und trocknes Jod, indem man $Cu^2 Jo$ mit $\ddot{M}n$ destillirte und das erhaltene Product unter einer Glocke neben einer Schale mit Schwefelsäure trocknete. Man löste hiervon 1,712 Grm. in 35 gradigem (*B*) Alkohol auf, schüttelte die Auflösung 10 Secunden lang mit einem Ueberschufs von auf nassem Wege bereiteten $\dot{H}g$, und seihte sie durch eine möglichst kleine Masse von Asbest. Schon während der Filtration fing die Flüssigkeit an sich merklich zu trüben und zu färben, und als die Hälfte hindurchgegangen war, sah man sich genöthigt die Untersuchungen nur auf diesen Theil zu beschränken.

Die 24 Stunden lang sich selbst überlassene Auflösung hatte eine weniger kräftige Farbe, als vor ihrer Mischung mit dem Quecksilberoxyde.

Um die Menge des freigewordenen Jods zu bestimmen, destillirte man die abgeklärte Flüssigkeit (das weifse Pulver hatte sich während der Verwandlung abgesetzt),

und

und um die letzten Spuren des Jods fortzubringen, bediente man sich des Alkohols, mit dem man den Niederschlag gewaschen hatte.

Man fügte zu dem der Einwirkung des Schwefelwasserstoffgases ausgesetzten Producte der Destillation zwei Mal so viel luftfreies Wasser hinzu, als sein Volum hätte fassen können. Die abgeklärte und vom Alkohol befreite Flüssigkeit gab 0,048 Schwefel, welchem 0,376 Jod entsprechen.

Der Niederschlag selbst wog 0,133 Grm.

Diese Substanz ist ein vollkommen weifses Pulver, ohne krystallinische Gefüge, unauflöslich im Alkohol, wenig auflösbar im Wasser, auflösbar im Ammoniak. Schwache Salpetersäure scheint nicht auf sie einzuwirken; concentrirte Salpetersäure ($\dot{H}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}$) reagirt erst recht, wenn man die Temperatur erhöht; concentrirte Schwefelsäure ($\dot{H}\dddot{S}$) löst sie nur in demselben Falle auf; mit schwefliger Säure bildet sich Jod in der sauren Auflösung. Eine Auflösung von Kali im Alkohol scheidet davon $\dot{Hg}$ ab, ohne sich zu färben. HCl löst sie auf, läfst Chlor entweichen, und bildet Chlorquecksilber und chlorjodige Säure [1]).

1) Man weifs, dafs durch die Einwirkung des HCl auf $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Jo}$ oder auf ein jodsaures Salz, aufser einer Verbindung des Chlors mit dem Jod, auch Chlor sich bildet. Man weifs ferner, dafs das Chlor mit dem im Wasser eingerührten Jod eine Verbindung eingeht, aus der die kohlensauren Alkali eine grofse Menge Jod niederschlagen. Wenn man endlich der Verbindung JCl^5 genug Jo hinzufügt, um JCl^3 zu bilden, so erhält man mit Hülfe einer gelinden Wärme eine flüssige Verbindung, die beim Erkalten zu Krystallen anschiefst, und deren Auflösung im Wasser fast dieselbe Farbe hat, als die oben erwähnte Verbindung des Chlors mit dem im Wasser eingerührten Jod, und mit den kohlensauren Alkali zu derselben Erscheinung Veranlassung giebt.

Hiernach scheint es, dafs sich in Gegenwart des Wassers chlorjodige Säure bildet, mag Cl auf Jo, oder HCl auf $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Jo}$ oder auf ein jodsaures Salz reagiren.

Unter 260° bleibt diese Verbindung unverändert, und verliert nichts von ihrem Gewichte; aber über diesen Wärmegrad hinaus läfst sie Wasser, O und Jo entweichen, und verwandelt sich in $\dot{H}g\dddot{J}o$, welches schmilzt und sich in O und Hg Jo zersetzt, wenn die Temperatur 300° übersteigt.

Diese Merkmale kämen einem jodsauren Quecksilberoxyde zu, welches mehr als 1 Aequivalent Säure enthält. Diese Folgerung mufs durch die Analyse bewährt werden.

Weil indessen dieses Salz sein Wasser nur unter einer Temperatur fahren läfst, die zu gleicher Zeit einen Theil der Säure zersetzt; weil man ferner die Menge dieses Wassers nicht dadurch bestimmen kann, dafs man zu dem Salze ein Oxyd hinzufügt, welches energischer als $\dot{H}g$ wirkt, und dann das Ganze erhitzt; weil endlich bei der Behandlung mit einem Ueberschufs von Natron dieses Alkali mit der Säure auch ein wenig Oxyd hinwegnimmt, so glaubte man zu einem wenigstens eben so genauen Resultate zu gelangen, wenn man, anstatt die drei binären Verbindungen, die das Salz ausmachen, zu isoliren, das Oxyd nur als Metall bestimmte und hiernach die Zusammensetzung des Salzes berechnete.

Auf diese Weise gaben 0,24 der Substanz 0,065 Hg. Diefs führt auf die Zahlen:

	Gefunden.	Aequival.	Berechnet.
Quecksilberoxyd	29,16	2	30,07
Jodsäure	—	3	68,70
Wasser	—	1	1,23.

Dieses Salz kann offenbarerweise nicht mehr als 1 Aequiv. Wasser enthalten. Da diese Menge wegen der verschiedenen Verhältnifszahlen des Wassers und der Jodsäure eben so wenig auf die berechneten Zahlen einwirkt, als der unvermeidliche Verlust an Hg, so ist man

ermächtigt dieses Resultat als einen materiellen Beweis für folgende Zusammensetzung anzusehen:

$$(2\,Hg\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Jo} + H\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Jo}),$$

und zu behaupten, dafs man irrthümlicherweise dem $\dot{Hg}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Jo}$ das Vermögen zugeschrieben hat, sich merklich im Wasser aufzulösen. »Das jodsaure Kali schlägt die Uebersalze des Quecksilbers nicht nieder«, sagt der Baron Thénard. Diefs ist noch ein Irrthum. Denn dieses Salz bildet in einer wasserhellen Auflösung von $\dot{Hg}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{N}}$ einen reichlichen weifsen Niederschlag. Diefs findet in der That in einer Auflösung von $HgCl$ nicht statt, was aber an der Bildung einer eigenthümlichen Verbindung liegt, die ich besonders untersuchen werde.

Um sich von der Bildung des $\dot{Hg}^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Jo}^3$ Rechenschaft zu geben, mufs man sich erinnern, dafs von $\frac{1,712}{2} = 0,856$ Jod die Hälfte (0,428) sich durch die Bildung zweier im Alkohol auflösbaren Verbindungen oxydirt hat:

$$2\,Jo + \dot{Hg} = \dot{Jo} + Hg\,Jo.$$

Die unterjodige Säure bildet bei ihrer Umwandlung:

$$5\,\dot{Jo} = \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Jo} + 4\,Jo.$$

Wenn $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Jo}$ nach dieser zweiten Umgestaltung keine Veränderung erlitten hätte, so hätte man vermittelst des HS eine den $\frac{0,428 \,.\, 4}{5} = 0,342$ Jo entsprechende Menge Schwefel erhalten müssen. Man erhielt aber 0,048 S $= 0,376$ Jo, weil die Jodsäure durch ihre Reaction auf das Jodquecksilber anderthalb-jodsaures Quecksilberoxyd und Jod bildet:

$$17\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Jo} + 10\,Hg\,Jo = 5\,\dot{Hg}^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Jo}^3 + 12\,Jo.$$

Aufser den 4 Aeq. Jo, die von den 5 Aeq. $\dot{Jo}$ frei werden, entspringen noch $\frac{12}{17}$ Jo aus der gegenseitigen Reaction der $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Jo}$ und des $Hg\,Jo$:

$$17\,(5\,\dot{Jo} + \tfrac{10}{17}\,Hg\,Jo = \tfrac{5}{17}\,\dot{Hg}^2\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Jo}^3 + 4\,\tfrac{12}{17}\,Jo),$$

so dafs man $\frac{0{,}428 \,.\, 4\frac{12}{17}}{5} = 0{,}401$ Jo hätte erhalten müssen, wenn dieser Stoff nicht auf die Elemente des Alkohols reagirt hätte. Man weifs, dafs das Jo mit dem Wasserstoffe des Alkohols mit der Zeit HJo bildet, und diefs wird um so eher stattfinden, wenn man eine alkoholhaltige Auflösung von Jo destillirt. Man kann folglich nicht alles Jo erhalten, welches frei geworden ist. Deshalb gab die Analyse nur 0,376 Theile.

Die Erklärung, welche wir so eben über die Erscheinungen gegeben haben, die die Umwandlung der unterjodigen Säure begleiten, ist aus der Bildung des Jods und der Jodsäure gefolgert worden. Was die Erklärung der Reaction betrifft, die nach dieser Umwandlung stattfindet, so kann man ihre Richtigkeit auf eine sehr einfache Weise bestätigen.

Wenn man Jodsäure von der Dichtigkeit des Syrups in eine alkoholhaltige Auflösung von HgJo schüttet, so wird die Flüssigkeit einige Augenblicke nach der Mischung trübe, und es bildet sich Jo und $\dot{\mathrm{Hg}}^2 \overset{\therefore}{\mathrm{Jo}}{}^3$. Da aber in diesem Falle die Jodsäure sich nicht erzeugt, so kann sie nicht eben so schnell zurückwirken. Selbst in dem vorher erwähnten Falle ist die Energie der chemischen Wahlverwandtschaften nicht stark genug, um die Reaction nach einigen Stunden zu bewirken. Man kann sich davon überzeugen, wenn man eine Auflösung von Jod in Alkohol mit einem Ueberschufs von $\dot{\mathrm{Hg}}$ von Zeit zu Zeit umschüttelt, und die farblose Flüssigkeit nach einigen Augenblicken der Ruhe erhitzt. Sie nimmt die Farbe des Jods an, sobald nur die Hitze zu wirken anfängt.

Eine Auflösung von HgJo und von $\overset{\therefore}{\mathrm{Jo}}$ in Alkohol färbt sich gleichfalls, wenn man sie erhitzt, und setzt $\dot{\mathrm{Hg}}^2 \overset{\therefore}{\mathrm{Jo}}{}^3$ ab, während Jo sich verflüchtigt. Zehn Minuten reichen zur Vollendung der Operation hin. Diefs

beweist, dafs die Theorie mit den Erscheinungen übereinstimmt, welche die Reaction des $\dot{Hg}$ auf eine alkoholhaltige Auflösung von Jo begleiten, dafs folglich diese Reaction der des Chlors auf dasselbe Oxyd zur Seite gestellt werden kann. Der Analogie zufolge kann man selbst annehmen, dafs diese beiden Metalloïden in Gegenwart des Wassers und der energisch wirkenden Oxyde ebenfalls auf dieselbe Weise reagiren. Während aber die unterjodigsauren Salze sich bei ihrem Entstehen in Jodmetalle und in jodsaure Salze verwandeln, ganz wie die unterchlorigsauren durch den Einflufs der Hitze:

$$6(\dot{R}+\dot{Jo})=3(\dot{R}\dot{Jo}+R\,Jo)=\dot{R}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Jo}+5\,R\,Jo,$$

so verändern sich die unterchlorigsauren Salze durch den einzelnen Einflufs des Chlors auf folgende Weise:

$$3\dot{R}i\,\dot{Cl}+2\,Cl=\dot{R}\overset{\cdot\cdot\cdot}{Cl}+2\,\dot{Cl}+2\,R\,Cl=\dot{R}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{Cl}+2\,R\,Cl+2\,Cl.$$

XII. *Einige fragmentarische Nachrichten über einen neuen Stoff im Eudialyt; von L. Svanberg.*

(*Oefversigt af Kongl. Vetensk. Acad. Förhandl.*, 1845, *No.* 3, *p.* 37. — Es ist diefs die Notiz, deren Mittheilung bereits im Bd. 65 dieser Annalen, S. 319, versprochen wurde.)

Im Zusammenhang mit der früheren Nachricht (über neue Erden in den Zirkonen) theilte Hr. S. Folgendes mit.

Bei der Untersuchung, mit welcher ich eine Zeit lang beschäftigt war, um das Verhalten der Zirkonerde näher auszumitteln, sah ich die Nothwendigkeit ein, mir Zirkonerde zu bereiten, nicht nur aus Zirkonen von verschiedenen Fundstätten, sondern auch, so weit ich sie mir zu verschaffen vermochte, aus den wenigen anderen Mineralien, welche, den Analysen zufolge, Zirkonerde

enthalten. Durch Hrn. Prof. Forchhammer in Kopenhagen ist es mir möglich geworden mit dem seltenen Eudialyt von Grönland zu arbeiten, welcher, nach den Untersuchungen von Gruner, Pfaff und Stromeyer, Zirkonerde enthält [1]). Hr. Prof. Forchhammer hat mich mit einer so reichlichen Menge des genannten Minerals versehen, dafs ich darin kleine Antheile von Bestandtheilen zu entdecken vermochte, die der Aufmerksamkeit der früheren Untersucher desselben sicher leicht entgehen konnten, da einige dieser Stoffe kaum 0,1 bis 0,01 eines Procents betragen, ja sogar in gewissen Stufen in noch geringerer Menge vorzukommen scheinen.

Anmerkung. Ich mufs hier bemerken, dafs das unter dem Namen Eudialyt bekannte Mineral, wie die Orthite, in seiner chemischen Zusammensetzung, sehr zu variiren scheint. Diefs erklärt einen Theil der Unterschiede zwischen den analytischen Resultaten, die man angegeben findet; aber ich glaube, dafs gewifs noch mehre und auch sehr wesentliche ferner gefunden werden, sobald genaue und quantitative Analysen an reinen und homogenen Exemplaren in gröfserem Maafsstabe als bisher ausgeführt werden können.

Die Zirkonerde, wie sie nach den bisher angegebenen Darstellungsweisen aus dem Eudialyt erhalten worden ist, zeigt sicher Eigenschaften (wie die fast weifse Farbe nach starkem Glühen), dafs man sie für identisch halten konnte mit der aus den Zirkonen. Nachdem ich sie indefs näher untersucht, habe ich gefunden, dafs sie eine Menge von Stoffen beigemengt enthält, die zum Theil bereits, obwohl erst neuerlich, entdeckt worden, zum Theil aber so eigenthümlich sind, dafs ich sie nicht anders als für ganz neu in der Wissenschaft halten kann. So habe ich darin einige Erden gefunden, welche zwar viele Aehnlichkeit zeigen mit denen, die bis vor weni-

1) Auch nach der von Rammelsberg. Annalen, Bd. 63, S. 142.

gen Jahren unter dem Namen Yttererde zusammengefafst, später jedoch in drei gesondert wurden, welche aber bei näherer Untersuchung auch von ihnen durch Umstände abweichen, die wohl auf neue Verwandtschaften mit der alten Yttererde hindeuten, sie indefs weder mit dieser, noch mit deren Abkömmlingen, der Terbin- und Erbinerde, identificiren.

Der Eudialyt wird mit Königswasser behandelt und die Kieselsäure ausgelatinirt, dann, nach Abfiltration der Kieselsäure, die Lösung mit ätzendem Ammoniak gefällt. Dieser Niederschlag wird wiederum in Salzsäure gelöst, und die sehr saure Lösung mit Kleesäure gefällt. Der Niederschlag wird durch Glühen von der Kleesäure befreit, darauf der geglühte Theil, welcher sich nur noch partiell in Salzsäure löst, bis zur vollen Lösung mit concentrirter Schwefelsäure gekocht. Die schwefelsaure Lösung, verdünnt mit vielem Wasser und versetzt mit freier Salzsäure, wird auf's Neue mit Kleesäure gefällt. Diese Fällung mit Kleesäure wird mehrmals wiederholt, und hat den Zweck, den Niederschlag zu befreien von Zirkonerde und anderen Stoffen, die zuerst gefällt werden, deren Niederschläge mit Kleesäure aber in Salzsäure weit löslicher sind, als ein anderer Theil der Oxyde und Erden, die im Eudialyt vorkommen. Nachdem man diese Operation 4 bis 5 Mal wiederholt hat, wird der Niederschlag mit einem grofsen Ueberschufs von saurem kleesaurem Kali gekocht, und dadurch ein Körper ausgezogen, welchen näher zu untersuchen ich noch nicht Gelegenheit hatte, welcher sich aber gröfstentheils in der Portion findet, der aus der sauren Lösung auf Zusatz von Kleesäure nicht niederfällt. Nachdem nun das saure kleesaure Kali alles darin Lösliche von dem Niederschlage ausgezogen hat, wird die Kleesäure in dem Ungelösten fortgebrannt und der Rückstand in Schwefelsäure gelöst, alsdann die Lösung der schwefelsauren Salze bis zur vollen Sättigung mit neutralem schwefelsauren Kali versetzt.

Hiebei entsteht ein Niederschlag, welcher Cer, Lanthan und Didym enthält, und welchen ich nicht näher untersuchte, auch nicht der Mühe einer Untersuchung werth halte, ehe nicht Prof. Mosander seine vielfältigen und genauen Beobachtungen über diese Stoffe veröffentlicht hat; und obwohl sich mir in dem chemischen Verhalten dieses Niederschlags einige unerklärliche Erscheinungen zeigten, so glaube ich doch, dafs sie erst vollkommen aufgehellt werden, sobald Prof. Mosander die Erscheinungen, welche bei Behandlung der im Cerit vorkommenden Stoffe auftreten, veröffentlichen wird.

Nachdem von der vorbenannten Lösung das mit $\dot{K}\dddot{S}$ Fällbare abfiltrirt worden, bleiben in der Lösung zwei Stoffe, welche daraus mit ätzendem Ammoniak gefällt, dann in Salzsäure gelöst und mit Kleesäure niedergeschlagen werden. Der letztere Niederschlag wird durch Glühen zersetzt, und die rückständige Erde in Schwefelsäure gelöst. Die schwefelsaure Lösung wird in der Wärme auf ein kleines Volum abgedunstet, wo dann bei einer gewissen Concentration in der Wärme ein weifses Salz krystallisirt, welches hernach ganz schwerlöslich in siedendem Wasser ist. Nach dem Auskrystallisiren in der Wärme wird die Lösung für sich vorgenommen, wie ich weiterhin erwähnen will; hier mag nun Einiges über das Herauskrystallisirte und die darin enthaltene Erde gesagt seyn.

Das Hydrat, so wie es aus der Lösung der Erde in Salzsäure durch Fällung mit ätzendem Ammoniak erhalten wird, ist weifs und voluminös, doch nicht so voluminös als die Thonerde, sondern am meisten der Beryllerde zu vergleichen. Beim Trocknen schrumpft es sehr zusammen und wird wie Thonerdehydrat. Es auszuwaschen hält nicht schwer, doch zieht es dabei Kohlensäure aus der Luft an. Das Hydrat ist unlöslich in ätzendem Kali. Nach dem Glühen erhält man eine Erde von blafs strohgelber Farbe. Die geglühte Erde löst sich

träge in verdünnten Säuren (Salz-, Salpeter- oder Schwefelsäure), so lange sie kalt sind; oft habe ich diese Säuren solchergestalt und unter fleifsigem Umrühren auf $\frac{1}{2}$ Gran geglühter Erde einwirken lassen, ohne dafs sie nach 12 Stunden gelöst war; dagegen löst sie sich bald, wenn die Flüssigkeit auch noch so wenig erwärmt wird.

Das schwefelsaure Salz, das neutrale, krystallisirt leicht in ganz grofsen prismatischen Krystallen, selbst aus einer sauren Lösung, und besonders wenn diese Lösung etwas erwärmt wird. Es ist schwerlöslich in warmem Wasser, aber leicht löslicher in kaltem. Das krystallisirte Salz enthält 22,4 Procent Wasser, welches durch Erwärmung ausgetrieben werden kann, ohne dafs das Salz etwas von seiner Schwefelsäure verliert; aber das Salz verwittert nicht bei einer Temperatur von +90°. Durch Analyse des wasserfreien schwefelsauren Salzes habe ich gefunden, dafs es 49,137 Procent $\dddot{S}$ und 50,863 Proc. Erde enthält, welches, unter Annahme, dafs das Atom der Schwefelsäure =501,1 und das Salz nach der Formel $\dddot{R}\dddot{S}^3$ zusammengesetzt sey (welche letztere Annahme durch die basisch schwefelsauren Salze der Erde bestätigt wird), für das Atomgewicht der Erde 1556, und für das des darin enthaltenen Radicals 628 giebt. Diefs Atomgewicht wird indefs künftig erhöht werden müssen, da ich, wie ich sogleich zeigen werde, das schwefelsaure Salz dieser Erde nicht mit grofser Genauigkeit von dem schwefelsauren Salz einer anderen Erde reinigen konnte, für welche letztere Erde ich ein weit geringeres Atomgewicht, nämlich 480,5, gefunden habe. Die Zahl 1556 mufs daher nur als eine ungefähre Angabe betrachtet werden; sie war schwer genauer zu bestimmen, da mein ganzer Vorrath von dieser Erde nicht mehr als 6 Decigrammen betrug. Das neutrale Salz erträgt starkes Glühen, ohne mehr als eine höchst geringe Menge seiner Schwefelsäure zu verlieren, und vielleicht mag dieser geringe Verlust davon herrühren, dafs es bisher nicht

vollkommen rein erhalten worden ist. Das krystallisirte Salz hat die Zusammensetzung $\dddot{R}\dddot{S}^3 + 8\dot{H}$.

Setzt man Ammoniak zu einer neutralen Lösung des schwefelsauren Salzes, so entsteht wohl eine Trübung, aber sie verschwindet anfangs wiederum beim Umrühren der Flüssigkeit, bis diese mit dem neugebildeten basischen Salze gesättigt ist; alsdann wird der Niederschlag beständig. Bei Bereitung dieses basischen Salzes mufs man natürlich einen Theil des neutralen Salzes in der Lösung zurücklassen. Das gefällte basische Salz kann auch nicht auf ein Filtrum gebracht und gewaschen werden, weil es sich dabei löst; aber befreit man das Salz durch Auspressen zwischen Fliefspapier von der Mutterlauge, so findet man durch Analyse, dafs es ein wasserhaltiges basisch schwefelsaures Salz ist, worin Erde, Schwefelsäure und Wasser gleiche Mengen Sauerstoff enthalten, gemäfs der Formel $\dddot{R}\dddot{S} + 3\dot{H}$. Die Löslichkeit dieses basischen Salzes unterscheidet die Erde, wie mir scheint, auf eine recht charakteristische Weise von anderen Erden, und überdiefs spricht es sehr für die Zusammensetzung der Erde nach der Formel $\dddot{R}$. Diefs letztere wird ferner durch die Thatsache bestätigt, dafs wenn das neutrale schwefelsaure Salz der Erde kalt mit einem grofsen Ueberschufs von Aetzammoniak gefällt wird, sich ein anderes basisches Salz niederschlägt, worin die Erde drei Mal so viel Sauerstoff enthält, als die Schwefelsäure, was also auf eine Zusammensetzung gemäfs der Formel $\dddot{R}^3\dddot{S}$ hinweist.

Ein saures Salz mit $\dddot{S}$ habe ich nicht hervorbringen gekonnt, denn auch bei Ueberschufs dieser Säure krystallisirt sowohl in der Wärme als bei freiwilliger Verdunstung das neutrale Salz.

Setzt man schwefelsaures Kali zu einer Lösung des schwefelsauren Salzes, so entsteht, auch wenn die Flüssigkeit concentrirt und damit gesättigt ist, kein Niederschlag; wenn aber die gemeinsame Flüssigkeit bis zum

Sieden erhitzt wird, und sie nicht allzu verdünnt ist oder zu viel schwefelsaures Kali enthält, so krystallisirt das neutrale schwefelsaure Salz der Erde heraus, ohne mit dem Kalisalz in Verbindung zu treten. Läſst man dagegen eine gemeinsame Lösung vom neutralen Erdsalze und $\dot{K}\dddot{S}$ freiwillig abdunsten, so schieſst ein Doppelsalz an, welches in Wasser weit löslicher ist, als jedes der einzelnen Salze für sich, und zufolge einer approximativen Analyse die Zusammensetzung hat: $3\dot{K}\dddot{S}+\dddot{R}\dddot{S}^3+3\dot{H}$.

Das salpetersaure Salz trocknet zu einer strahligen krystallinischen Masse ein, die zwar weiſs ist, aber einen äuſserst schwachen Stich in's Rosenrothe hat, und an der Luft leicht zerflieſst.

Die Chlorverbindung, dargestellt durch Lösung der Erde in Salzsäure und Eindunsten, habe ich nicht zum Krystallisiren bringen gekonnt, sie trocknet bei fernerer Abdunstung zu einer gummiähnlichen Masse ein, welche Feuchtigkeit aus der Luft anzieht.

Das kohlensaure Salz erhält man durch Fällung mit kohlensauren Alkalien; es schlägt sich weiſs, nicht schwer, sondern etwas voluminös nieder, und löst sich, obwohl nicht reichlich, in kohlensaurem Ammoniak, aus welcher Lösung es durch Kochen wieder gefällt werden kann. Durch Glühen über einer Argand'schen Lampe kann nicht alle Kohlensäure ausgetrieben werden. Es hat noch nicht analysirt werden können.

Das kleesaure Salz fällt schwer nieder, schwach in's Rosarothe spielend. Bei Untersuchung zeigte es sich gemäſs der Formel $\dddot{R}\dddot{C}^3+6\dot{H}$ zusammengesetzt. Durch Glühen kann die Kleesäure zerstört werden, und die zurückbleibende strohgelbe Erde braust nicht im Geringsten mit Säuren. Fällt man dagegen die Erde mit Kleesäure aus einer Lösung, die auch Kali enthält, so schlägt sich zugleich ein Theil des Alkali nieder, und nur dann entwickelt die Erde nach dem Glühen Kohlensäure mit Säuren. Säuren lösen das kleesaure Salz äuſserst schwer

und nur bei einer gewissen Concentration. Beim Kochen mit saurem kleesauren Kali, auch in grofsem Ueberschufs, ist es vollkommen unlöslich.

Anmerkung. Zufolge einiger vergleichenden Versuche, die später mit schwefelsaurer Yttererde von Yttererde aus Ytterby-Gadolinit angestellt wurden, will es scheinen, dafs die angeführte Erde nichts anderes ist als Yttererde, dafs aber die Yttererde von der Zusammensetzung $\dddot{R}$ ist. Indefs mögen künftige Versuche die Sache entscheiden; einstweilen, bis die Salze der Yttererde, der Erbinerde und Terbinerde näher untersucht worden, steht diese Erde aus dem Eudialyt als eine problematische Yttererde da; denn vergleicht man die obigen Angaben mit denen, welche über die vorher untersuchte Yttererde vorhanden sind, so ist die Uebereinstimmung nicht besonders grofs.

In dem Vorhergehenden habe ich angeführt, dafs das schwefelsaure Salz der oben angeführten Erde, so wie es vor der Krystallisation in der Wärme erhalten wird, ein schwefelsaures Salz von einer anderen Erde enthält, welches viel leichtlöslicher ist sowohl in kaltem als in warmem Wasser. Von diesem leichtlöslichen Salze, welches überdiefs Wasser enthält, habe ich nicht mehr als etwa 1 Decigramm zu meiner Verfügung gehabt. Diefs Salz verwittert an der Luft nicht bei gewöhnlicher Temperatur, wohl aber bei einer Temperatur von etwa 90° C. Das schwefelsaure Salz hat die Zusammensetzung $\dot{r}\dddot{S} + 3\dot{H}$, es verliert, wenn es einer Temperatur von 200° C. ausgesetzt wird, sein Wasser vollkommen vor der Schwefelsäure. Beim Glühen entläfst es ein Drittel seiner Schwefelsäure und wird $\dot{r}^3\dddot{S}^2$. Mit Kleesäure fällt die Erde schwer und schneeweifs nieder; bleibt auch dann beim Glühen weifs. Eine Bestimmung des Atomgewichts dieser Erde, unter Annahme, dafs sie aus 1 At. Radical und 1 At. Sauerstoff bestehe, hat die Zahl 480,5 gegeben; diese Zahl mufs indefs geringer seyn, da die

kleine Menge, die mir zu Gebote stand, nicht erlaubte die Erde durch wiederholtes Krystallisiren ihres schwefelsauren Salzes vollständig zu trennen von der zuvor genannten Erde, die ein höheres Atomgewicht besitzt.

Endlich mufs ich mich noch äufsern über die Abtheilung der Bestandtheile des Eudialyts, welche sich der eigentlichen Zirkonerde am nächsten anschliefsen. Ich habe indefs dabei nicht sonderlich mehr anzuführen, als dafs es mir bisher noch nicht geglückt ist, weder diese problematische Zirkonerde so rein von einem damit gemengten neuen Metalloxyd darzustellen, noch dieses Metalloxyd so von der bisher für Zirkonerde angesehenen Erde zu reinigen, dafs ich mich bestimmter aussprechen könnte. Denn die sogenannte Zirkonerde hat sich, nach Ausfällung als Hydrat, noch immer mit diesem Metalloxyd verunreinigt erwiesen, was sich dadurch zu erkennen giebt, dafs sie stets einen schwachen Stich in's Urangelbe hat, und beim Kochen dunkler wird. Das färbende Metalloxyd ist als Oxydul dunkelgelb, und löst sich mit gelber Farbe in Säuren; aber als Oxyd wird es braun, und giebt mit Säuren eisenrothe Lösungen, welche mit Salzsäure in der Wärme Chlor entwickeln. Eine Spur dieses Metalloxyds habe ich auch in gewissen Zirkonarten gefunden; und aus der Zirkonerde kann sie zum Theil ausgezogen werden, wenn man die Erde in einem Strom von Wasserstoffgas heftig glüht und darauf mit Salzsäure behandelt, wo sich dann das Metallchlorür löst.

XIII. *Einige Bemerkungen zu der Abhandlung des Hrn. Heintz über die Zusammensetzung des salpetersauren Harnstoffs* [1]; *von R. F. Marchand.*

Hr. Heintz sucht in der angeführten Abhandlung zu zeigen, dafs die Zusammensetzung des salpetersauren

1) Annalen, Bd. 66, S. 114.

Harnstoffs allein $C_2N_2H_4O_2+NO_5+HO$ sey, und dafs meine Angabe, eine saure Verbindung erhalten und analysirt zu haben, auf einem Irrthum beruhen *müsse;* eben so hält er die wasserfreie Verbindung, welche von Prout, Lehmann und auch mir analysirt wurde, für nicht existirend. Gegen die erste Methode der Prout'schen Untersuchung, die Salpetersäure-Mengen durch die Quantität des kohlensauren Kalks zu bestimmen, welche durch den salpetersauren Harnstoff gelöst wird, läfst sich nichts einwenden, um so weniger, wenn man die Genauigkeit, mit welcher Prout seine Untersuchungen anstellt, in Anschlag bringt. Lehmann hat bei seiner Untersuchung sich nicht darauf beschränkt die Salpetersäure-Menge zu bestimmen; er hat auch den Harnstoff abgeschieden und gewogen, welcher mit der Salpetersäure verbunden war. In dieser doppelten Gewichtsbestimmung lag ohne Zweifel die beste Controle, und es ist daher ein Irrthum, wenn gesagt wird, es fehle die Controle für die Richtigkeit der Analyse. Ich selbst habe einmal eine Verbindung der Salpetersäure mit dem Harnstoff erhalten, welche 47 Proc. Salpetersäure enthielt, ohne dafs ich die Verhältnisse angeben kann, unter denen sich dieselbe bildete. Ich glaube daher die Existenz dieser Verbindung annehmen zu müssen.

In einer Nachschrift zu der von Hrn. Heintz angeführten Notiz von mir, im Journal für pract. Chemie, Bd. XXXV, S. 481, habe ich gezeigt, dafs die gewöhnlich sichbildende Verbindung von Salpetersäure und Harnstoff die ist, deren Zusammensetzung Regnault zuerst angegeben hat, mit 1 Aeq. Wasser und 1 Aeq. Säure auf 1 Aeq. Harnstoff; diese Verbindung haben Werther, Fehling, Heintz und ich sehr häufig analysirt. Sie bildet sich ohne Zweifel am leichtesten und unter den gewöhnlichen Umständen.

Hr. Heintz hat sich bemüht ein Mittel zu finden, »*Die Unmöglichkeit der Existenz einer Verbindung von*

Salpetersäure mit Harnstoff, die mehr als 1 *Atom Säure auf* 1 *Atom Harn enthielte, bei mehr als* 100° *C. direct zu beweisen.* Er ist der Ueberzeugung, dafs ihm diefs dadurch gelungen sey, dafs er Harnstoff bei 60° bis 80° C. mit überschüssiger Salpetersäure eingedampft, den Rückstand bei 100° getrocknet und gewogen hat. Unter diesen Umständen hätte sich die von mir gefundene Verbindung, wie Hr. Heintz meint, bilden müssen. Er erhielt sie nicht, folglich waren meine zahlreichen Analysen falsch, oder ich habe eine aufserordentlich unreine Verbindung untersucht. Es sey mir erlaubt, diese Schlüsse etwas in Zweifel zu ziehen. Die Art und Weise, die Salpetersäure quantitativ zu bestimmen, ist so einfach, dafs es nicht wohl möglich ist, anstatt 44 Proc. derselben 61 Proc. zu finden, und diefs nicht *ein Mal*, sondern mehr als vier Mal; sollte mechanisch Salpetersäure angehangen haben, so müfste diese, nach Hrn. Heintz's eigenen Versuchen, entwichen seyn bei dem Trocknen der Verbindung; endlich hätte die umkrystallisirte Verbindung diesen Ueberschufs nicht wohl mit sich führen können. Der Schlufs, dafs die Verbindung nicht existire, welche Hr. Heintz unter den Umständen nicht hat hervorbringen können, unter denen sie sich, seiner Meinung nach, hätte bilden müssen, scheint etwas gewagt. Ich fürchte, die Chemie würde eine Anzahl von Verbindungen einbüfsen, wenn sie alle diejenigen verlieren sollte, deren Darstellung Hrn. Heintz nicht gelänge. Die günstigsten Umstände zur Darstellung des anderthalb-kohlensauren Natrons scheinen z. B. die gleichzeitige Auflösung eines Aeq. des sauren und eines Aeq. des neutralen Salzes zu seyn. Aus einer solchen Auflösung erhält man jedoch bekanntlich niemals das Sesquisalz. Hr. Pélouze hat die Bildung der Aetherphosphorsäure beschrieben, indem dickflüssige Phosphorsäure mit Alkohol zusammen gekocht wird. Dieser Versuch ist von einer sehr grofsen Anzahl von Personen wiederholt

worden; es ist Keinem gelungen die Verbindung wieder darzustellen, aber ich weiſs nicht anders, als daſs keiner dieser Personen eingefallen ist zu zweifeln, daſs die Aetherphosphorsäure existire. D'Arcet's Aetherarseniksäure hat man gleichfalls nicht wieder erhalten können, nach der von ihm angegebenen Methode. Beide Verbindungen sind auf andere Weise sehr leicht herzustellen. Es würde sehr überflüssig seyn, diese Beispiele vermehren zu wollen.

Schlieſslich muſs ich noch die Erklärungsweise betrachten, welche Hr. Heintz für die Abweichung meiner Analyse von der seinigen anführt. Er fand, daſs der salpetersaure Harnstoff bei 120° C. zersetzt werde, und dann Ammoniak enthielte. »*Es ist also gewiſs,*« sagt er, »*daſs Marchand durch die Steigerung der Temperatur bis* 120° *C. eine Zersetzung einleitete, wodurch ich die Verschiedenheit unserer Resultate erklären zu können glaubte.*« Hr. Heintz hat jedoch selbst gefunden, daſs der durch Hitze zersetzte salpetersaure Harnstoff weniger Salpetersäure als 44 Proc. enthielt, woraus mir ziemlich deutlich hervorzugehen scheint, daſs *ich eben nicht* die Verbindung vor mir gehabt habe, welche sich bei 120° zersetzt, und Salpetersäure verliert. Daſs ich aber wirklich eine *saure* Verbindung untersucht habe, geht hinreichend daraus hervor, daſs ich durch Zusatz von Harnstoff zu derselben die neutrale Verbindung erhalten habe. (A. a. O., Bd. 34, S. 251.)

Aus den Untersuchungen über diesen Gegenstand möchte sich daher ergeben, daſs der Harnstoff mit der Salpetersäure in mehren Verhältnissen sich verbinden könne; daſs die neutrale Verbindung erhalten werden *könne*, sich jedoch unter den gewöhnlichen Umständen wasserhaltig bilde, wie sich namentlich aus den Untersuchungen des Hrn. Heintz ergiebt.

1845. ANNALEN №. 11.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXVI.

I. *Akustische Versuche auf der Niederländischen Eisenbahn, nebst gelegentlichen Bemerkungen zur Theorie des Hrn. Prof. Doppler*[1]; *von Dr. Buijs Ballot zu Utrecht.*

Sobald mir das Schriftchen des Hrn. Doppler in die Hände gekommen war, reizte mich der Scharfsinn der darin entwickelten Theorie; es wurden aber auch Zweifel in mir erregt über die Anwendbarkeit dieser Theorie auf die Farben der Doppelsterne. Ich faſste schon damals den Vorsatz, einige Versuche dieserhalb anzustellen und zugleich die Anwendung der Theorie an anderen bekannten Thatsachen zu prüfen, allein, durch Umstände daran verhindert, begnügte ich mich, am Schlusse meiner Dissertation[2]) eine Thesis aufzustellen, welche mir auch zu der folgenden Discussion als Motto dienen kann:

Theoriam Doppleri probandam existimo; ad stellarum autem duplicium colores explicandos non sufficientem dico.

Obgleich man schwerlich berechtigt ist, die Aussage einer wohlbegründeten Theorie zu bezweifeln, — und wer möchte dieses bei der Theorie des Lichts oder des Schalls, — so hielt ich es doch nicht für überflüssig, den von Hrn. Doppler zuerst zur Sprache gebrachten Einfluſs der relativen Geschwindigkeit eines tönenden Instruments auf die wahrgenommene Tonhöhe durch directe Versuche nachzuweisen, besonders da einige Musiker, denen ich diese Theorie mittheilte, die Haltbarkeit derselben bestimmt verneinten. Sie stützten sich dabei un-

1) Ueber das farbige Licht der Doppelsterne u. s. w. Prag 1842.

2) *De Synaphia et Prosaphia. Traject. ad Rhen.* 1844.

ter anderem auf die Thatsache, dafs man das Geräusch eines rasch vorbeifahrenden Wagens nicht anders höre, wenn er sich nähert, als wenn er sich entfernt; auf die Erklärung dieser Thatsache werde ich weiterhin zurückkommen.

Mit dem Licht in dieser Hinsicht zu experimentiren ist nicht möglich, da uns keine Geschwindigkeit zu Gebote steht, die nur einigermafsen mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts vergleichbar wäre. Es ist aber auch nicht nothwendig, da man volles Recht hat, Resultate akustischer Beobachtungen auf das Licht zu übertragen. Ueberdiefs lag mir die Gelegenheit zur Anstellung eines solchen Versuchs ganz nahe, da mir eine Locomotive auf der Eisenbahn bei Utrecht ein treffliches Mittel dazu darzubieten schien. Ich wandte mich deshalb an den Director der Rhein-Eisenbahn, Hrn. L. J. A. van der Kun, der den Vorschlag überaus günstig aufnahm, mir von Sr. Excellenz dem Minister des Innern die Erlaubnifs der kostenfreien Benutzung einer Locomotive zu dem vorgesetzten Zwecke auswirkte, und überdiefs mit der gröfsten Bereitwilligkeit jede Gelegenheit verschaffte, die Theorie des Schalls, welche bereits so viele Proben glücklich überstanden hat, auch in dieser Hinsicht zu bewähren. Es ist mir ungemein angenehm, durch den guten Erfolg meiner Versuche sein Wohlwollen belohnt zu sehen; seine Güte verpflichtet mich ihm zum aufrichtigsten Dank.

Ich werde meinen Aufsatz in zwei Theile zerfällen, in der Anordnung, dafs ich zunächst die Bestätigung der Doppler'schen Theorie gebe, und dann die Untauglichkeit der Anwendung derselben auf die Farben der Doppelsterne erweise.

§. 1.

Die isochronen Schwingungen eines tönenden Instruments werden nach gleichen Zeitintervallen zum Ohre des Wahrnehmers gelangen, und darin also die Empfindung

eines und desselben Tones, der hervorgebracht war, erregen. Der subjective Ton wird für den Beobachter dem objectiven Tone gleich seyn, wenn Instrument und Beobachter ihre Stellen nicht oder gleichviel ändern, also relativ in Ruhe bleiben. Wenn sie aber in relativer Bewegung sind, so findet etwas anderes statt. Es sey das Instrument in Bewegung: so geht jede Schwingung von einem anderen Punkt aus als die vorherigen; sie wird also längere oder kürzere Zeit brauchen, um zum Beobachter zu gelangen, je nachdem die Bewegung von ihm ab, oder auf ihn zu gerichtet ist. Die Gröfse der Verzögerung oder Beschleunigung, welche dadurch jede folgende Schwingung erfährt, wird gleich seyn der Geschwindigkeit der Bewegung dividirt durch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls und multiplicirt mit dem Cosinus des Winkels, welchen die Richtung der Bewegung mit der Linie vom Instrument zum Beobachter macht.

In meinen Versuchen habe ich die Standorte der Beobachter immer so gewählt, dafs dieser Cosinus möglichst grofs war, und nur im Vorbeifahren seinen Werth merklich änderte. Während nämlich die Locomotive auf den Schienen hin und her fuhr, standen die Beobachter auf der Eisenbahn 1 bis 2 Meter von den Schienen entfernt. Wenn man auch $2\frac{1}{2}$ Meter für diese Entfernung annimmt, so war doch, sobald die Locomotive über 20 Meter Abstand erlangt hatte, der Cosinus immer gröfser als $1-\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{64}+\ldots$, also nahe der Einheit gleich. Dieser Cosinus war also nur in dem Falle, dafs die Locomotive sich innerhalb eines Abstandes von 20 Metern befand, ein Factor von einigem Einflufs; ich werde also seiner nicht weiter erwähnen.

Die Verzögerung also, um auf diese Gröfse zurückzukommen, ist, wenn v die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls und a die Geschwindigkeit des Instruments, beide auf die Secunde reducirt, bedeuten, gleich $\pm\frac{a}{v}$,

worin das untere Vorzeichen für den Fall einer Beschleunigung oder einer Annäherung des Instruments zum Beobachter gilt. Die auf einander folgenden Schwingungen eines Tons, der n Schwingungen in der Secunde macht, werden einander nunmehr nicht nach $\frac{1}{n}$ Secunde folgen, sondern nach $\frac{1}{n}\left(1 \pm \frac{a}{v}\right)$. Der wahrgenommene Ton wird also $\frac{n}{1 \pm \frac{a}{v}}$ Schwingungen in der Secunde zu machen scheinen, und diefs ist seine subjective Höhe.

Wenn nicht das Instrument, sondern der Beobachter in Bewegung ist (ein Fall, welcher stattfindet, wenn auf dem Wege geblasen und auf der Locomotive beobachtet wird), so gehen zwar die Schwingungen von einem selben Punkte aus, aber sie müssen den Beobachter, der sich mit der Geschwindigkeit a bewegt, einholen oder ihm entgegen kommen, und sie erreichen ihn daher später oder früher als nach $\frac{1}{n}$ Secunde, nämlich, wie eine leichte Berechnung zeigt, nach der Zeit $\frac{1}{n}\left(\frac{v}{v \pm a}\right)$. Der subjective Ton ist also von $n\left(1 \pm \frac{a}{v}\right)$ Schwingungen. Das obere $+$ Zeichen gilt hier wieder für den Ton, welcher beim Entfernen gehört wird und in dem Folgenden immer *gehender Ton* genannt seyn soll, während ich mit *kommenden Ton* denjenigen bezeichnen will, der bei Verringerung des Abstandes zwischen Instrument und Beobachter vernommen wird. Dieser ist immer der höhere, jener der tiefere. Man sieht aus den Formeln, dafs, wenn $a = v$, der kommende Ton als die höhere Octave, der gehende gar nicht vernommen wird, falls der Beobachter sich mit dieser Geschwindigkeit bewegt; dafs dagegen der kommende Ton unendlich hoch, der gehende die tiefere

Octave seyn wird, im Fall das Instrument die Bewegung erleidet.

Um die Wahrnehmungen sogleich dem Calcul zu unterwerfen, hat man nur die Werthe von a und v zu kennen. Bei meinen Versuchen sind die von a sehr genau beobachtet worden, da nach Angabe zweier Chronometer der Zeitpunkt aufgezeichnet ward, wo jedesmal hinter einer festen in dem Wagen gewählten Linie eine Milliarie oder ein Zehntel derselben verschwand; so besafs man jedesmal die Zeit, während welcher die Locomotive 100 Meter durchlaufen hatte. Die Werthe von v sind für jeden Baro-, Thermo- und Hygrometerstand aus den Beobachtungen von Moll und v. Beek bekannt [1]); sie mufs aber vergröfsert werden um die Geschwindigkeit des Windes, zerlegt nach der Richtung vom Instrumente zum Beobachter.

§. 2.

Nachdem ich einige vorläufige Versuche angestellt, um mich von der Tauglichkeit der zu Hülfe gezogenen Musikanten zu überzeugen, gelang es mir am 3. und 5. Juni d. J. die Sache genauer zu untersuchen [2]). Die

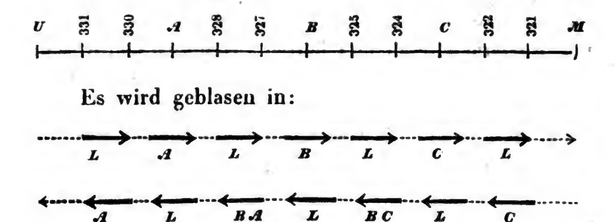
1) Man sehe diese Annal. Bd. V, S. 351 und 469, auch Simons Ibid. Bd. XIX, S. 115. Zur historischen Uebersicht aller der zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls gemachten Versuche vergleiche man Bravais, *Ann. de chim. et de phys.* 1845 *Janv.* oder *Biblioth. univers. de Genève No.* 109 *p.* 149 (im folgenden Aufsatz mitgetheilt. *P.*), worin besonders die eben citirten Versuche hervorgehoben und gewürdigt werden. Gelegentlich sey es mir erlaubt zu bemerken, dafs wenn in der Formel für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit statt des Gay-Lussac'schen Ausdehnungscoëfficienten die Rudberg'sche Zahl 0,00366, und statt des g von Borda 9,8284 das g nach Poisson gleich 9,8088 gesetzt wird, man für das Verhältnifs der beiden Wärmecapacitäten der Luft, d. h. für die Gröfse k, den Werth 1,4122 findet, was bis auf ein Zehntausendstel mit der Dulong'schen Bestimmung übereinkommt.

2) Wer dieses umständlicher zu lesen wünschen sollte, kann es in der *Nederlandsch Muzykaal Tydschrift Caecilia,* vom 1. April, 15. Juli und 1. Aug. 1845.

Locomotive hatte nur einen, möglichst offenen Wagen hinter sich, und in diesem befanden sich die Personen, welche mich zu unterstützen bereit waren. An drei Stationen, die am ersten Tage 400 Met., am zweiten aber 300 Met. aus einander lagen, und die, in Richtung auf Maarsen, so weit von Utrecht entfernt waren, dafs die Locomotive, bevor sie die erstere erreichte, eine hinlängliche Geschwindigkeit erlangt hatte, setzte ich drei dieser Personen aus: einen Musikanten, der blasen, einen Musiker, der den Tonunterschied beobachten, schätzen und aufzeichnen sollte, und einen meiner Freunde, der, genau nach einem von mir entworfenen Plan, zu blasen und zu hören befahl, auch seine Aufzeichnungen machte. Auf der Locomotive befanden sich natürlich ebenfalls drei solche Personen, am zweiten Tage sogar zwei Musikanten, um nöthigenfalls unaufhörlich blasen zu lassen; ich selbst war auch auf der Locomotive, deren Geschwindigkeit wie gesagt genau aufgezeichnet wurde. Es waren also vierzehn Personen in steter Wirksamkeit und fest stationirt; die übrigen, worunter noch mancher Musiker und Liebhaber, hatten sich längs der Bahn vertheilt, um da aufzuzeichnen und etwaige Mittheilungen von einer Station zur andern zu überbringen.

§. 3.

Ich hatte zur Absicht recht viele Beobachtungen zu sammeln, und traf demnach eine Anordnung, die aus der folgenden Zeichnung verständlich werden wird. Es bezeichnet darin die voll ausgezogene Linie *UM* den zwischen Utrecht und Maarsen gelegenen Theil der Eisenbahn, *A*, *B* und *C* die Standpunkte der drei Gruppen von Beobachtern, und die Ziffern die Anzahl der Milliarien und deren Untertheile. Die beiden punktirten Linien geben an, wann auf den Stationen *A*, *B*, *C* oder auf der Locomotive *L* geblasen wurde, während letztere, in der einen oder anderen Richtung auf der Bahn hinfahrend, sich an den durch diese Buchstaben bezeichneten Orten befand.



Während demnach die Locomotive, in Richtung von Utrecht nach Maarsen, an den Stationen *A*, *B*, *C* vorbeifuhr, konnte man die Abänderungen der daselbst angestimmten Töne beobachten. So wie man sich *A* näherte und der Ton von dort merklich wurde, begann er höher zu werden, und wenn man sich darauf von *A* in Richtung nach *B* entfernte, hörte man ihn tiefer werden. Dasselbe geschah bei *B* und *C*. Auf der Locomotive selbst wurde geblasen, während sie sich zwischen *A* und *B* oder zwischen *B* und *C* befand, damit der Ton sowohl in *A* als in *B* oder sowohl in *B* als in *C* vernommen würde und der Unterschied klar hervorträte. Es wurden also während man von *U* und *M* fuhr fünf Beobachtungen gemacht.

Auf der Rückfahrt fand das Gegentheil statt. Im Vorbeifahren vor jeder Station blies der auf der Locomotive befindliche Musikant, und der Unterschied des kommenden und gehenden Tons unter sich und mit dem objectiven Ton wurde von den ruhenden Musikern aufgezeichnet. Zu dem Ende sollten *C* und *B* oder *B* und *A* jedesmal, wenn die Locomotive zwischen *C* und *B* oder *B* und *A* war, einen und denselben Ton anstimmen, weil dadurch der Unterschied der beiden gleichzeitig vernommenen Töne sehr scharf hätte festgesetzt werden können. Aus zwei Ursachen habe ich aber diese Methode nicht so ausführen lassen; erstlich weil wegen des Geräuschs der

Maschine die Töne nicht weit genug gehört werden konnten, und zweitens, weil die Musikanten nicht genau genug *a tempo* bliesen und hörten. Hätte ich den Abstand der Stationen verringert, um besser hören zu lassen, so würden die Versuche noch rascher auf einander gefolgt seyn, und somit wäre es noch nothwendiger gewesen, mit dem Blasen im rechten Augenblick anzufangen.

Ich habe deshalb das Blasen auf der Locomotive zwischen den Stationen unterlassen gemufst und nur im Vorüberfahren Beobachtungen anstellen gekonnt, erwähne indefs der fehlgeschlagenen Versuche, weil sie mir überaus günstig und fein zu seyn scheinen und ich also Jemanden, der über stärkere Instrumente oder disciplinirtere Personen zu verfügen hat, sehr rathen möchte, die Versuche auch in dieser Weise zu wiederholen. Als nämlich die Locomotive von *C* nach *B* fuhr, hatte ich, während die auf derselben befindlichen Musiker nichts davon wufsten, bei *B* etwa einen halben Ton tiefer, und als sie von *B* nach *A* fuhr, etwa einen halben Ton höher als verabredet war, blasen lassen, hatte also dadurch die Töne, welche von *B* und *C* oder von *B* und *A* zugleich zum Ohre des Wahrnehmers gelangten, beinahe gleich und einen kleinen Unterschied derselben merkbar gemacht; auch erlangte ich den Vortheil, dafs die Beobachter nicht immer das Nämliche zu beobachten brauchten, und dadurch weniger leicht in einen constanten Fehler verfielen. Da ich nun aber diefs Verfahren nicht ausführen konnte, mufste ich mich auf die folgenden Beobachtungen beschränken, welche am 3. Juni mit Klapphörnern (Ventiltrompeten) gemacht, und am 5. mit Signaltrompeten wiederholt wurden.

§. 4.

Ich schreite nun zur Beschreibung der Vorsichtsmaafsregeln und Schwierigkeiten bei den Beobachtungen.

Zuerst müssen die Instrumente gut mit einander abgestimmt seyn, was leicht zu erreichen, aber schwerer

auf die Dauer zu unterhalten ist; denn obgleich das Wetter warm war, schienen doch ein Paar derselben sich etwas verstimmt und einen höheren Ton gegeben zu haben. Auch ist zu bemerken, dafs bei Sonnenschein und 18 bis 20° Wärme, besonders wenn die Instrumente nicht sehr vorzüglich sind, leicht eine kleine Differenz stattfinden kann. Wir werden diefs aus den Beobachtungen ersehen können, wenn wir sie prüfen. Es hält sehr schwer, den Ton gut zu vernehmen, weil die Locomotive nicht allein ein starkes Geräusch macht, sondern auch sehr viel Wind erregt; nur unter günstigen Umständen gelingt es, die Tondifferenz richtig zu schätzen. Das erwähnte Geräusch war am 3. Juni, wo ich noch die etwas schwächeren Klapphörner anwandte, mehrmals Ursache, dafs der kommende Ton, der doch nicht allein der höhere, sondern auch der stärkere seyn sollte, gar nicht vernommen wurde. Wenn daher auch ein musikalisches Ohr bei ruhiger Beobachtung noch ein Komma kleiner als $\frac{80}{81}$ zu unterscheiden vermag, so wird doch Keiner sich wundern, wenn ich sage, dafs es unter obigen Umständen kaum möglich war den Unterschied bis auf ein Achtel- oder Viertelton zu bestimmen. Man mufs übrigens bedenken, dafs ein Achtelton ein Verhältnifs von nahe $\frac{60}{61}$ ist, also einen Unterschied darstellt, den man in der Musik vernachlässigt.

Ist die relative Geschwindigkeit der Instrumente gering, so ist auch der Unterschied klein und ein Fehler von $\frac{1}{8}$ oder $\frac{1}{16}$ Ton hat grofsen Einflufs; und doch läfst sich, wie gesagt, ein Fehler von dieser Gröfse nicht vermeiden, obgleich man in diesem Fall den Ton längere Zeit hindurch beobachten kann. Vergröfsert man die Geschwindigkeit, was nothwendig ist, um das Gesetz, nach welchem die Tondifferenz von der Geschwindigkeit abhängt, zu entdecken oder zu bestätigen, so verstärkt man auch das Geräusch und verkürzt die Zeit aufserordentlich. Man kann den Ton nur aus einer Entfernung

von etwa 50 Meter vernehmen, und da er bei 20 Meter bereits merklich abzunehmen anfängt, so hat man nur eine Secunde (wenn die Geschwindigkeit 25 Meter beträgt) um die Höhe des kommenden Tones wahrzunehmen, während noch dazu ein Geräusch anderen Ursprungs die reine Beobachtung beeinträchtigt. Wenn man die Pfeife der Locomotive selbst ansprechen läfst, wie ich einmal gethan habe, so ist freilich die erste Schwierigkeit beseitigt, und wenn man nicht nur das Instrument, sondern auch den Beobachter auf einer zweiten Locomotive mit gröfstmöglicher Geschwindigkeit fortführte, so würde es leicht seyn, eine relative Geschwindigkeit von über 50 Meter zu erhalten und die Tondifferenz auf eine Terz zu steigern; allein die Pfeife der Locomotive ist noch kein reiner Ton und bis jetzt liegt auf der Rhein-Eisenbahn auch noch kein Doppelgleise.

Durch die Veränderung der Tonhöhe innerhalb 20 Meter wird der Unterschied zwischen dem kommenden Ton und dem objectiven leicht etwas zu gering gefunden, da ersterer in der Zwischenzeit, dafs der Musikant denselben zur Bestimmung mit seinem Instrument vergleicht, immer etwas abnimmt. Dieser Nachtheil findet sich nicht bei der Bestimmung des gehenden Tons; dieser sinkt tiefer bis die Locomotive auf eine solche Entfernung vom Beobachter gekommen ist, dafs man annehmen darf, sie entferne sich geradlinig; dann bleibt er constant derselbe, so dafs also genau festgesetzt werden kann. Ein kleiner Unterschied ist vielleicht dadurch hervorgebracht worden, dafs die Instrumente, um den Ton möglichst stark zum Ohre des Beobachters gelangen zu lassen, jedesmal demselben zugewandt werden mufsten, wodurch er denn das eine Mal wider und das andere Mal mit dem Winde ging. Ich weifs nicht, wie die hiedurch entstehende Modification des Tones am besten in Rechnung zu ziehen ist, glaube indefs, dafs sie, obgleich klein, doch merklich sey.

§. 5.

Die Schätzungen der Musiker sind in Achtel-, selten nur in Sechszehnteltönen angegeben; einige haben nicht anders aufgezeichnet als: nahe $\frac{1}{2}$ mehr, mehr als $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{4}$ u. s. w. Die zweite und dritte Spalte der folgenden Tafel enthalten die geschätzte Anzahl der Sechszehnteltöne. Wenn also die Musiker den Unterschied gleich einem halben Ton angaben, habe ich 8 eingeschrieben. Immer haben sie den kommenden Ton höher, und den gehenden tiefer gehört als den objectiven, und daher war es nicht nöthig, die Zahlen jeder ersten Zeile mit + und die jeder zweiten mit — zu bezeichnen.

Die vierte Spalte enthält die Anzahl der Schwingungen der subjectiven Töne nach der Theorie, die Anzahl der Schwingungen des objectiven Tons gleich 1000 gesetzt. Eine dritte Zeile, die hinzugefügt worden, enthält den Unterschied im Vorbeifahren, also den Unterschied des kommenden und gehenden Tons unter sich; in ihr bezeichnet die theoretische Zahl die Anzahl der Schwingungen des kommenden Tons, bezogen auf den gehenden, wenn die Anzahl der Schwingungen des letzteren gleich 1000 angenommen wird. Auf diese Weise ist das Nichtstimmen der Instrumente und der Einfluſs der Windesrichtung eliminirt. In dieser Zeile sind denn auch, wie zu erwarten, die Unterschiede kleiner, wenn man nur den guten Werth für einen halben Ton nimmt.

Um das genaue Verhältniſs zweier Töne, die um einen halben Ton differiren, anzugeben, hatte ich Chladni's Akustik zu Rathe gezogen. Es konnte mir aber nicht viel helfen, da ich in meinem Fall zu wissen wünschte, nicht wie das theoretische Verhältniſs war, sondern was die Musiker einen halben Ton nannten, ob sie, wann *g* geblasen wurde, *ges* oder *gis* für einen halben Ton tiefer oder höher hielten, oder ob sie das gleich schwebende Verhältniſs $\sqrt[12]{2}$ annahmen. Ich muſste also die Musiker selber dieserhalb befragen, konnte aber von allen keine

bestimmte Antwort erhalten; da nun der eine unmöglich für den andern sprechen konnte, so entschlofs ich mich, ihre Angaben nach beiden Hypothesen zu berechnen. Die fünfte Spalte giebt also den Unterschied der theoretischen Schwingungs-Anzahl mit der Mittelzahl aus den Angaben beider Beobachter, berechnet nach dem Verhältnifs $\sqrt[12]{2}$. Die sechste enthält den Unterschied mit derselben Mittelzahl, aber berechnet nach dem Verhältnifs $\frac{25}{24}$ für den kommenden, und nach $\frac{24}{25}$ für den gehenden Ton.

Am 3. Juni befand sich nur ein Beobachter auf jeder Station; ich brauchte also damals die theoretische Zahl nicht mit der Mittelzahl aus zwei Beobachtungen zu vergleichen, da nur eine einzige Angabe vorhanden war. An diesem Tage mifsglückten die Beobachtungen auf der Station *C*, und die auf der Locomotive gingen verloren, so dafs nur zwei Reihen übrig blieben. An den Reihen selbst wird man leicht erkennen, welchen Werth die Musiker dem halben Ton gegeben haben, da die eine viel besser der ersten, die andere viel besser der zweiten Hypothese genügt. Es ist eine Reihe von Beobachtungen darunter, welche sich durch Genauigkeit und Consequenz auszeichnet; sie stammt von Hrn. Dan-men. Dieser ausgezeichnete Musiker befand sich am 3. Juni einmal auf der Station *C*, ward aber am 5. Juni mit auf die Locomotive genommen, weil ich ihn aus seinen Beobachtungen sogleich als den geschicktesten erkannt hatte, und weil überdiefs eine Vertauschung der Standorte von Nutzen war. Leider zeichnete er diefsmal nur das Mittel aus den im Vorbeifahren an den drei Stationen beobachteten Tondifferenzen auf, und nicht jede für sich, was offenbar nicht nöthig gewesen wäre, wenn die Locomotive eine ganz gleichförmige Geschwindigkeit gehabt hätte; allein am 5. Juni war diefs sehr wünschenswerth, da die an diesem Tage benutzte Locomotive von anderer Construction wie die frühere war und sie von

dem Maschinisten nicht mit gleicher Geschwindigkeit an den verschiedenen Stationen vorbeigeführt ward.

§. 6.

Beobachtungen am 3. Juni.

Thermometer 20°,8 *C.*, Barometer 750^{mm},09. Dampfdruck 9^{mm},16.
Schallgeschwindigkeit = 346 Met.

[Es bedeutet *K* die Beobachtung im Kommen, *G* die im Gehen, *V* die im Vorbeifahren.]

Station *A*.

	Geschwindigkeit.	Beobachteter Unterschied.	Theor. Schwingungs-Anzahl.	Unterschied zw. theoret. u. beobacht. Zahl für $\sqrt[12]{2}$	$\frac{24}{25}$
Die erste Beobachtung mifslang gänzlich, weil nichts gehört wurde.					
II.	*G.* 14,8	5	957	− 8	−19
III.	*K.* 14,5	5	1042	+ 5	+16
	G. 14,1	5	959	− 6	−16
	V. 14,3	10	1086	+13	+30
IV.	*G.* 17,9	6	948	−10	−22
V.	*G.* 16,7	7	952	0	−13
VI.	*G.* 20,0	8	939	− 5	−21

Station *B*.

	Geschwindigkeit.	Beobachteter Unterschied.	Theor. Schwingungs-Anzahl.	Unterschied zw. theoret. u. beobacht. Zahl für $\sqrt[12]{2}$	$\frac{24}{25}$
II.	*K.* 15,3	5	1044	− 7	+18
	G. 15,5	5	955	−10	−20
	V. 15,4	10	1093	+20	+41
III.	*K.* 12,8	5	1037	0	+11
	G. 12,2	5	965	0	−10
	V. 12,5	10	1074	0	+22
IV.	*K.* 15,8	7	1046	− 5	+ 9
	G. 15,0	5	957	− 8	−18
	V. 15,4	12	1093	+ 5	+31
V.	*K.* 15,6	8	1045	−14	+ 3
	G. 15,2	5	956	− 9	−19
	V. 15,4	13	1093	− 3	+25
VI.	*G.* 19,5	5	941	−14	−34

Beobachtungen am 5. Juni.

Thermometer 18°,4 *C.*, Barometer 755^{mm},6. Dampfdruck 10^{mm},83.
Schallgeschwindigkeit = 344,7 Met.

Station *C*.

	Geschwindigkeit.	Beobachteter Unterschied. 1	2	Theoret. Schwingungs-Anzahl.	Unterschied zw. theor. Zahl u. Mittelzahl für den halb. Ton = $\sqrt[12]{2}$	$\frac{24}{25}$
I.	*K.* 8,3	6	4	1024	−13	− 2
	G. 10,6	8	8	969	+25	+ 9
	V. 9,4	14	12	1057	−38	−11

	Geschwindigkeit.	Beobachteter Unterschied. 1	2	Theoret. Schwingungs-Anzahl.	Unterschied zw. theor. Zahl u. Mittelzahl für den halb. Ton = $\sqrt[12]{2}$	$\frac{24}{25}$
II.	*K.* 12,5	6	4	1036	— 1	+10
	G. 14,3	8	8	958	+14	— 2
	V. 13,4	14	12	1081	—14	+12
III.	*K.* 9,1	8	8	1026	—33	—16
	G. 10,1	6	4	971	+ 6	+ 4
	V. 9,6	14	12	1056	—39	—12
IV.	*K.* 9,6	8	8	1028	—31	—14
	G. 11,8	8	8	966	+22	+ 6
	V. 10,7	16	16	1066	—52	—20
V.	*K.* 12,5	2	8	1036	— 1	+10
	G. 12,6	2	8	963	— 2	—12
	V. 12,5	4	16	1075	+ 1	+22
VI.	*K.* 9,5	—	—	1027	——	——
	G. 11,1	—	—	968	——	——
	V. 10,3	9	12	1057	—19	+ 9

Station *B.*

	Geschwindigkeit.	1	2	Theoret. Schwingungs-Anzahl.	$\sqrt[12]{2}$	$\frac{24}{25}$
I.	*K.* 9,5	7	8	1027	—28	—15
	G. 10,6	1	0	969	—27	—28
	V. 10,1	8	8	1059	0	+17
II.	*K.* 14,3	7	7	1043	— 8	+ 6
	G. 13,3	4	2	961	—18	—24
	V. 13,8	11	9	1085	+11	+33
III.	*K.* 11,1	7	7	1032	—19	— 5
	G. 10,5	4	4	969	— 3	—11
	V. 10,8	11	11	1065	—16	+ 8
IV.	*K.* 11,1	7	7	1032	—19	— 5
	G. 13,3	5	0	961	—11	—16
	V. 12,2	12	7	1074	— 8	+13
V.	*K.* 14,3	0	0	1042	+42	+42
	G. 14,3	14	12	958	+49	+23
	V. 14,3	14	12	1088	— 8	+22
VI.	*K.* 11,1	8	8	1032	—27	—10
	G. 11,1	6	2	967	— 5	—13
	V. 11,1	14	10	1067	—19	+ 5

Station *A.*

	Geschwindigkeit.	1	2	Theoret. Schwingungs-Anzahl.	$\sqrt[12]{2}$	$\frac{24}{25}$
I.	*K.* 9,5	2	8	1027	—10	+ 1
	G. 8	8	6	978	+27	+13
	V. 8,8	10	14	1050	—38	—12
II.	*K.* 14,3	2	8	1043	+ 6	+17
	G. 16	8	8	953	+ 9	— 7
	V. 15 1	10	16	1094	— 2	+25

Geschwindigkeit.		Beobachteter Unterschied. 1	2	Theoret. Schwingungs-Anzahl.	Unterschied zw. theor. und mittlerer Zahl für den halb. Ton = $\sqrt[12]{2}$	$\frac{24}{25}$
III.	*K.* 11,1	0	0	1032	+32	+32
	G. 12,5	9	12	963	+35	+15
	V. 11,8	9	12	1072	— 3	+17
IV.	*K.* 12,5	8	8	1036	—23	— 6
	G. 15,4	8	8	955	+11	— 5
	V. 14	16	16	1085	—33	0
V.	*K.* 16,7	4	2	1051	+29	+36
	G. 14,3	8	9	958	+17	0
	V. 15,5	12	11	1097	+13	+37
VI.	*K.* 11,1	8	1	1032	— 1	+ 9
	G. 12,5	1	8	963	— 6	—14
	V. 11,8	9	9	1074	+ 7	+26

Locomotive.

Geschwindigkeit.		Beobachteter Unterschied.	Theoret. Schwingungs-Anzahl.	$\sqrt[12]{2}$	$\frac{24}{25}$
I.	*K.* 14,4	6	1043	— 1	+11
	G. 14,2	6	958	0	—12
	V. 14,3	12	1089	— 1	+27
II.	*K.* 15,0	5	1044	+ 7	+18
	G. 15,8	8	954	+10	— 6
	V. 15,4	13	1094	— 2	+26
III.	*K.* 5,5	4	1016	—13	— 4
	G. 5,5	4	984	+12	+ 4
	V. 5,5	8	1035	—25	— 7
IV.	*K.* 5,1	4	1015	—14	— 5
	G. 4,9	4	986	+14	+ 6
	V. 5	8	1031	—28	—11
V.	*K.* 14,3	8	1042	—13	0
	G. 14,1	8	959	+15	— 1
	V. 14,2	16	1088	—28	+ 2
VI.	*K.* 18,3	8	1053	— 6	+11
	G. 18,4	8	947	+ 3	—13
	V. 18,3	16	1106	—10	+20

§. 7.

Man sieht also, dafs im Allgemeinen die Theorie bestätigt wird. Die Unterschiede schwanken in Plus und Minus: meist sind sie in den beiden Hypothesen von entgegengesetztem Zeichen oder verschwinden fast in einer von ihnen. Man bedenke nur, dafs selbst ein Unterschied von 10 Schwingungen verschwindend klein ist.

Einige Unregelmäfsigkeiten lassen sich vielleicht durch

Folgendes beseitigen. Eine erste ist darin begründet, dafs einige der Musiker läugneten, der kommende Ton sey auf grofse Entfernungen höher als der objective. Sie schrieben die Erhöhung, wie sie sagten, der vorüberfliegenden Luft zu, gestanden aber alle, dafs der gehende Ton in jeder Entfernung tiefer bleibe, und schon darin liegt eine Inconsequenz. Diese Ansicht gründete sich auf Beobachtungen entweder der Töne von Signaltrompeten oder der, welche die Pfeife der Locomotive einmal angab, und welche darauf von einem Musiker auf derselben Höhe gehalten ward. Im ersten Falle ist sehr zu vermuthen, dafs man den Ton der Trompete von den andern Stationen mit dem der Locomotive verwechselte, und dann mufste sich freilich der Ton nicht verändern; im anderen Fall weifs ich nicht, ob der Ton der Pfeife rein genug, frei von begleitendem Geräusche war. Die Musiker auf der ersten Station *C* konnten gar nicht darüber entscheiden, da die Locomotive auch in grofser Entfernung noch lange nicht die Geschwindigkeit erlangt hatte, mit der sie hernach vorbeifuhr. Die Beobachter der Station *B* haben es nicht angegeben; die Angaben von *A* würden von grofser Autorität seyn, wenn nicht alle für den kommenden Ton zu gering wären. Diefs erweckt die Vermuthung, dafs die Instrumente dieser Station sich verstimmt hatten. Ich wollte diefs nur erwähnen, weil mehre es behaupteten, glaube aber doch, dafs jene Angabe auf einer Täuschung beruht.

Eine zweite Anomalie ist darin zu bemerken, dafs man den kommenden Ton weniger erhöht, als den gehenden erniedrigt gehört hat. Es ist diefs weniger aus den obigen Angaben zu ersehen, als es aus den mündlichen Mittheilungen anfangs hervorging. Dieser Umstand erklärt sich aber, da er nicht bei allen Beobachtungen stattgefunden hat, aus einem leichten Verstimmen des Instruments (immer das auf der Station *A*), aus der beinahe immer im Zunehmen begriffenen Geschwindigkeit

der Locomotive und aus einem physiologischen Gegensatz. Man hörte den kommenden Ton etwas höher, dann unterhalb 20 Meter ein bischen weniger höher und darauf schneller abnehmen bis auf den tiefsten Ton; man verglich ihn aber dann vielleicht nicht mit dem objectiven Ton, sondern mit dem, welchen man einen Augenblick zuvor gehört hatte. Diefs würde zugleich erklären, weshalb man die Unterschiede durchgängig etwas zu grofs hörte; man hatte nämlich das Steigen des kommenden Tons bereits angegeben und fügte nun einen zu grofsen Unterschied für den gehenden hinzu, wodurch auch die Summe zu grofs ward. Ich gebe diese Erklärung gern für eine bessere hin, besonders da ich selbst nicht über die Unterschiede entscheiden kann; ich habe wohl jedesmal die Verschiedenheit der beiden subjectiven Töne gehört, bin aber nicht musikalisch genug, um die Unterschiede zu schätzen, geschweige denn, um den Unterschied von Unterschieden angeben zu können.

Die Basis der Doppler'schen Theorie bestätigen, heifst noch nicht mit der Anwendung derselben auf die Farben der Doppelsterne einverstanden seyn; so kann ich es nicht, weil mir der aus dieser Theorie gezogene Schlufs nicht richtig zu seyn scheint. Um nämlich denselben mit voller Gewifsheit ziehen zu können, müfsten folgende Prämissen als bewiesen anzusehen seyn:

1) Dafs man berechtigt sey, die obigen Resultate vom Schall auf das Licht zu übertragen;
2) dafs die Sterne in einigen Theilen ihrer Bahn eine hinlängliche Geschwindigkeit besitzen, um eine merkbare Färbung und Farbenänderung zu erfahren;
3) dafs die Doppelsterne wirklich eine solche Färbung und Farbenänderung erleiden, wie sie nach dem besagten Satze erfahren müfsten;
4) dafs kein anderer Erklärungsgrund eben so leicht vorhanden sey;

5) dafs keine Thatsache die Anwendung der Doppler'schen Theorie auf die Farben der Doppelsterne widerspreche.

§. 8.

Nur die erste dieser Bedingungen gebe ich unmittelbar zu. Was die zweite betrifft, so scheint auch sie mir keine bedeutende Schwierigkeit darzubieten, aber mich dünkt doch, dafs die Sterne nur selten eine hinlängliche Geschwindigkeit haben werden, um uns das Farbenphänomen zu zeigen; es fällt diefs sogleich in die Augen, wenn man bedenkt, dafs sowohl Dr. Bolzano [1]) als Prof. Doppler in der Beurtheilung dieser Hinlänglichkeit zu weit gegangen sind: der Erste, weil er den Sternen im Allgemeinen eine zu grofse Geschwindigkeit beilegt; der Andere, weil er dem menschlichen Auge eine zu grofse Empfindlichkeit für das Licht zutraut.

Nicht dafs ich den Sternen alle eigene Bewegung absprechen und wieder zu Fixsternen machen will: ich meine nur, dafs der Dr. Bolzano durch einen falschen Schlufs auf eine zu grofse Geschwindigkeit gerathen sey. Nach ihm soll nämlich die Geschwindigkeit der Hauptplaneten gröfser seyn, als die der Satelliten, und darnach vermuthet er, dafs die Geschwindigkeit der Fixsterne auch gröfser sey als die der Hauptplaneten. Ersteres ist aber ohne Ausnahme nicht ganz der Fall. Jeder der Jupiterstrabanten bewegt sich schneller als der Uranus, der zweite dieser Trabanten schneller als die beiden letzten Planeten, und der erste Trabant des Jupiters, so wie der erste des Saturns, schneller als der respective Hauptplanet. Die Satelliten des Uranus sind noch nicht genugsam beobachtet; wahrscheinlich giebt es deren noch nähere als wir kennen, und dann könnten auch einige darunter seyn, die schneller gingen als ihr Hauptplanet. Freilich mufs man zugeben, dafs bereits die Erde sich mit gröfserer Geschwindigkeit bewegt als selbst der schnellste

1) Dies. Annal. Bd. 60, S. 83.

der Satelliten; aber man hat darum noch kein Recht den Schlufs allgemein auf die Fixsterne auszudehnen, deren gegenseitige Abstände, falls sie nicht physische Doppelsterne sind, ein weit gröfseres Verhältnifs haben zu den Abständen der Hauptplaneten, als die Halbaxen der Bahnen dieser zu den Abständen der Satelliten, und folglich müfsten sie auch ein weit gröfseres Verhältnifs von Masse haben, was nicht wahrscheinlich ist und nicht mit den Annahmen von Argelander, Bravais und Mädler übereinstimmt [1]). Es verhält sich also mit der Geschwindigkeit ganz so wie Prof. Doppler sagt, und die Voraussetzung des Dr. Bolzano ist eine Uebertreibung.

§. 9.

Glaubte ich in dieser Hinsicht von Hrn. Dr. Bolzano's Meinung abweichen zu müssen, so kann ich doch andrerseits auch Hrn. Prof. Doppler nicht beistimmen, wenn er sagt, schon das Austreten von einem Hundertel der zum weifsen Licht gehörigen rothen Strahlen sey merkbar für das menschliche Auge. Ich erinnere mich nicht, solches bei Herschel, der dafür als Autorität angeführt wird, gelesen zu haben, habe es auch in dessen *Traité de la Lumière*, von welchem ich die Ausgabe von Quetelet und Verhulst, mit den Zusätzen dieser Gelehrten, besitze, nicht auffinden können, wohl aber eine Stelle (*p.* 309 §. 510), welche zu einem entgegengesetzten Schlusse führt. Herschel sagt nämlich daselbst, dafs man 1,000,000 Tinten erlange, wenn man die drei Farben, Roth, Gelb und Blau (in der Brewster'schen Hypothese) in verschiedenen Verhältnissen von 1 bis 100 menge; und er fügt hinzu: *ce qui est plus que suffisant*

1) Da man vielleicht nicht geneigt ist, die ausführlichen Abhandlungen der genannten Gelehrten nachzulesen, so will ich beispielsweise anführen was Prof. Kaiser in seinem Werke: *De sterrenhemel verklaard p.* 283 sagt: „*De ster, welke de snelste eigen beweging heeft, beweegt zich in een uur* 33500 *D. G. mijlen etc.*", was noch nicht 10 Meilen in der Secunde beträgt.

pour exprimer toutes les nuances que l'oeil peut distinguer. On dit que les romains imitaient dans leurs mosaïques plus que 30000 *tintes: en supposant même que la nature nous offre un nombre dix fois plus grand, elles se trouveront toutes dans nôtre échelle.*

Es fragt sich nun noch, ob man, bei ruhiger Betrachtung und genügend starker Beleuchtung, die supponirten 300000 Nuancen würde unterscheiden können; es hätten besonders die Maler darüber zu entscheiden. Hiezu brauchte man aber bereits das Austreten von 0,03 der rothen Strahlen, und also wenigstens eine dreifache Geschwindigkeit, wie Hr. Prof. Doppler annimmt. Zieht man dazu noch in Betracht, dafs die Sterne selten ruhig genug stehen, um nicht beim Funkeln ein wenig gefärbt zu seyn, dafs sie bereits durch die Dispersivkraft der Atmosphäre Farben zeigen [1]), dafs sie nicht gleichzeitig, nicht einmal von derselben Person mit sich selbst verglichen werden können; erwägt man, dafs selbst die absolute Lichtstärke, welche doch noch leichter als die Farbe bestimmbar zu seyn scheint, schwerlich ohne Hülfe von Instrumenten bis auf $\frac{1}{60}$ bestimmt werden kann [2]), und dafs man in der chromatischen Photometrie noch immer sehnsuchtsvoll auf die Untersuchungen und Instrumente Arago's zu warten hat, obwohl derselbe neuerlich wieder Hoffnungen darauf angeregt hat [3]), so wird man sich nicht wie Hr. Dr. Bolzano wundern, dafs man bei den übrigen Fixsternen solche Unterschiede noch nicht wahrgenommen hat, wird auch nicht mit Hrn. Prof. Doppler eine Geschwindigkeit von 33 Meilen in der Secunde für genügend halten, um jenen Farbenunterschied hervorzurufen. Somit würden also nur die physischen Doppelsterne zu betrachten übrig bleiben.

1) Bessel, *Comptes rend. T. XV, p.* 181.

2) Argelander, in Schumacher's astronom. Jahrbuche für 1844, S. 185 und 206.

3) Arago, *Compt. rend. T. XX, p.* 1704.

§. 10.

Untersuchen wir demnach, ob es wahr sey, dafs die Doppelsterne wirklich solche Färbung und Farbenänderung erleiden, wie aus dem in Rede stehenden Satz würde erklärt werden können.

Es ist nicht genug zu sagen: die Farben einiger Doppelsterne ändern sich, viele stehen zu einander im Gegensatz, sind complementar, also müssen sie aus der Bewegung erklärt werden; vielmehr mufs untersucht werden, in welchem Zahlenverhältnifs solche Doppelsterne zu den übrigen stehen, um einigermafsen entscheiden zu können, ob man ihrer Bewegung mit einiger Wahrscheinlichkeit zuschreiben könne, was ihnen selbst vielleicht angehört. Um Zahlen von Autorität anzuführen, würde ich hier den competentesten Richter [1]) selber sprechen lassen können; es wäre diefs besser als, nach meinem früheren Plane, aus der Abhandlung von Herschel und South in den *Transactions* der *Royal Astronomical Society T. I* und *III* etc. die farbigen Sterne aufzuzählen; allein, der Raumersparung wegen, werde ich mich doch damit begnügen, nur auf die Abhandlung von Struve zu verweisen; man wird bei Lesung derselben gestehen müssen, dafs sie, so viel Angaben, so viel auch Widersprüche gegen den Doppler'schen Fundamentalsatz enthält [2]).

Dafs beide Sterne einerlei Farben haben, ist bei weitem der häufigere Fall, sagt der grofse Beobachter. Aber in diesem Fall ist die Farbe nur aus der relativen Bewegung des Sternenpaars und unseres Planetensystems zu erklären; und die Doppelsterne stehen in dem nämlichen Verhältnifs zu uns, wie die einzelnen Sterne, haben also keine hinlängliche Geschwindigkeit, dafs von 476 gleich gefärbten Paaren, lediglich durch Bewegung

1) Struve, über die Doppelsterne nach den Dorpater Mikrometer-Beobachtungen. Bericht an Se. Excell. v. Uwaroff. S. 34—36.

2) Doppler a. a. O. §. 7.

118 gelblich oder röthlich und 63 bläulich erscheinen. Auch wäre es nicht leicht einzusehen, aus welchem Grunde sich denn fast zweimal so viel Sterne von uns entfernen, als sich uns nähern sollen. Dagegen kommen 16 Paare mit sehr grofser Geschwindigkeit auf uns zu, deren Hauptstern grün und deren Begleiter blau ist; man weise nun die Kraft nach, durch welche sie mit Wahrscheinlichkeit eine solche Geschwindigkeit erlangt haben.

Die Färbung spricht also nicht gar sehr für die Anwendbarkeit der Theorie des Hrn. Prof. Doppler, wenn es wahr ist, wie wir §. 10 gezeigt haben, dafs uns nur die physischen Doppelsterne solche Geschwindigkeit darbieten können, indem sich die oben erwähnten Färbungen nur aus der Bewegung des Sternenpaars, nicht aus der gegenseitigen Bewegung der beiden Sterne erklären lassen. Aber auch die Sternenpaare, welche complementare oder fast complementare Farben zeigen, sprechen nicht sehr dafür, denn wir müssen dann annehmen, dafs fast alle Hauptsterne sich von uns entfernen, alle Begleiter sich uns nähern; bei 157 solchen Paaren sind 53 Hauptsterne weifs, 52 hellgelb, 52 gelb oder röthlich, die Begleiter alle blau oder bläulich, und es giebt nur wenige Paare, 13, in denen der Begleiter purpurfarben ist.

§. 11.

Auch die Farbenänderung ist Hrn. Prof. Doppler weit weniger günstig, als man nach seinen Worten erwarten würde. „Kein Wunder also, lesen wir S. 12, wenn sich neuere Beobachter (Siehe Mädler's populäre Astronomie, S. 493) zu der Frage aufgefordert fühlen, ob sich denn in der That die Farben der Doppelsterne während der letzten 50 Jahre so gar bedeutend sollten geändert haben." Wenn wir aber Mädler aufschlagen, so finden wir S. 500: „Haben diese Sterne (die beiden von γ Delphini) ihre Farbe seit 50 Jahren so stark verändert," und S. 493 heifst es[1]): „Es kommen zwar zwi-

1) Der erste nun folgende Satz stimmt fast wörtlich mit der Aeufse-

schen Herschel und Struve manche kleine Verschiedenheiten der Farbenbezeichnung vor, jedoch meist so, dafs bei Herschel die Sterne um ein Geringes mehr in's Rothe spielen, was durch eine Eigenthümlichkeit des Teleskops zu erklären seyn dürfte. Hier aber zeigt sich, und zwar bei einem Sternenpaar, dessen Farben sich mit Bestimmtheit aussprechen, das Gegentheil, und man mufs demnach vermuthen, dafs es seine Farbe seit jener Zeit merklich geändert habe, was übrigens in der Fixsternwelt nicht gänzlich ohne Beispiel ist." Das klingt doch wenigstens etwas schwächer.

Das Schönste von allem aber ist, dafs gerade auf die zwei Sternenpaare, γ Leonis und γ Delphini, auf welche diese Worte anwendbar seyn sollten, die Theorie des Hrn. Doppler in keinem Falle passen kann, denn sie haben in diesen 50 Jahren ihre gegenseitigen Abstände nicht geändert, und was die Positionswinkel betrifft, so hat γ Leonis diesen um 22° und γ Delphini den seinigen gar nicht geändert. Es kann sich also die Richtung und Gröfse der Bewegung keinesweges in der Weise geändert haben, dafs daraus eine solche Farbenänderung würde hervorgehen können.

Auch Sirius wird wohl nicht viel beweisen, und (S. 17) die Bahnen der sogenannten neuen und verschwundenen Sterne so einzurichten, dafs sie alle Farben des Regenbogens durchlaufend endlich mit kupferrothem Lichte verschwinden, würde doch auch schwer halten. Abgerechnet, dafs ich diesen Farbenwechsel nicht von allen angeführt finde, möchte ich auch fragen, ob sie angefangen haben, uns mit einem grün- oder bläulichen Lichte sichtbar zu werden. Diefs mag genügen, um zu zeigen, dafs die Färbung und Farbenänderung, die wir hie und da an den Doppelsternen wahrnehmen, uns nicht nöthigen, ihre Erklärung in der Bewegung zu suchen.

rung von Struve a. a. O., S. 36, überein, widerspricht dagegen schnurstraks Hrn. Doppler S. 12.

§. 12.

Zuvörderst müssen wir nun untersuchen, ob es nicht einen anderen bekannten Erklärungsgrund gebe, zumal die Bewegung, wie wir im folgenden Paragraphen zeigen werden, nicht einmal im Stande ist, merkliche Farbenänderungen hervorzubringen. Es ist, wie mich dünkt, eine ganz willkührliche Annahme, dafs die Farbe aller Sterne weifs und unveränderlich sey. Es ist doch nicht leichter, jedem Stern diejenige Richtung und Geschwindigkeit anzudichten, welche er, in der Hypothese einer weifsen objectiven Farbe, haben mufs, um diejenige Farbe zu zeigen, welche wir an ihm wahrnehmen, — als anzunehmen, dafs die Fixsterne alle möglichen Farben besitzen können. Dafs sie jedenfalls nicht alle weifs sind, beweisen die Beobachtungen genugsam, und läugnet auch Prof. Doppler nicht. Am Ende mufs man denn doch seine Zuflucht zu der Voraussetzung nehmen, dafs die verschiedenen Sterne nicht alle eine gleiche objective Farbe haben. Es liegt nichts Ungereimtes in der Annahme, dafs verschiedene Sterne verschiedene Farben hervorzubringen fähig seyen. Ueberdiefs haben wir auch directe Beweise, dafs sie wirklich nicht einerlei Farbe haben. Nach den Beobachtungen von Fraunhofer zeigt das Sonnenspectrum andere dunkle Linien als die Spectra mehrer Sterne, und da nun also das Licht solcher Sterne, ungeachtet es durch dieselbe Atmosphäre unserer Erde gegangen ist, wie das Sonnenlicht, sich doch von diesem verschieden zeigt, so sind wir zu schliefsen berechtigt, dafs es in der That von diesem verschieden ist. Aber wie denn die Veränderlichkeit der Farbe und die veränderlichen Sterne erklären? Ich sehe hier keine grofse Schwierigkeit, diese Veränderlichkeit den Sternen selbst zuzuschreiben. Es würde interessant sein, Fraunhofer's Messungen auf solche Sterne auszudehnen, die wohl periodisch ihre Intensität, aber nicht ihre Farbe ändern. Uebrigens möchte das periodische Verschwin-

den der veränderlichen Sterne eben so leicht durch die sonstigen Hypothesen, wie unwahrscheinlich sie auch an sich seyn mögen, als durch die sinnreiche und im ersten Augenblick wahrscheinliche, aber hier unzulässige Theorie des Hrn. Doppler erklärt werden.

§. 13.

Man wird dieses um so leichter eingestehen, als endlich die Bewegung nicht Ursache des Farbenwechsels seyn kann. Bereits die Analogie bei dem Schalle lehrt es. Als ich zu Anfange dieses Jahres einen Musiker nach dem muthmaſslichen Erfolg der von mir beabsichtigten Versuche befragte, sagte er mir und Andere sagten es ihm nach: „Sie dürfen nicht hoffen, daſs dieselben ein Resultat geben werden, denn ich habe in dem Geräusche eines vorbeifahrenden Wagens niemals eine Aenderung gehört." Auch die Musikanten, als sie zum erstenmale auf der Eisenbahn waren und der gewöhnliche Wagenzug uns mit groſser Geschwindigkeit vorbeifuhr, sagten mir, obgleich ich sie vorher darauf aufmerksam gemacht hatte, sie hätten keinen Tonunterschied bemerkt, denn es sey ein Geräusch, kein Ton. Eben so ist die Farbe der Doppelsterne ein Gemisch von Farben, keine einfache Farbe. Was muſs also in beiden Fällen stattfinden?

Bekanntlich ist ein Geräusch als ein Gemisch verschiedener Töne zu betrachten, wie Ohm dieſs dargethan zu haben scheint, oder man muſs annehmen, es sey gar kein Ton darin, sondern bestehe aus Wellen von verschiedener Länge, deren keine sich so oft regelmäſsig folge, daſs sie im Ohre die Wahrnehmung eines Tons hervorrufe. Dieſs ist mir gleich; in jedem Falle haben wir Wellen von verschiedener auf einander folgender Länge. Bei Annäherung also werden die längeren Wellen zu kürzeren, diese wieder zu noch kürzeren, und jede nimmt die Stelle der ihr in Kürze folgenden ein, so daſs am Ende das gesammte Geräusch keine andere Veränderung erlitten hat, als daſs die längste Welle auf-

gehört hat, als solche wahrnehmbar zu seyn, und eine allerkürzeste hinzugekommen ist.

Aber darin eben ist der Grund zu suchen, daſs die Sterne eine Farbenänderung erleiden, wird man mir entgegnen, und das reicht auch hin sie zu erklären: die rothen Wellen werden zu orangefarbenen, diese zu gelben, u. s. w., bis endlich die violetten unsichtbar, unwahrnehmbar werden; es fehlen also in dem Spectrum die rothen Strahlen und die Farbe des Sterns ist nicht mehr rein weiſs, sondern in's Violette oder Blaue spielend. Das Gegentheil findet beim Entfernen statt.

Bei oberflächlicher Betrachtung des Gegenstandes mag dieser Einwurf richtig scheinen; aber er ist es nicht, denn man darf die Analogie nicht weiter treiben, als sie wirklich besteht, und darum ist auch die Anwendung eine falsche. Für das Auge sind nur sehr wenig Lichtwellen sichtbar: die Längegränzen, zwischen welchen sie wahrnehmbar sind, liegen einander sehr nahe. Wenn beim Geräusch ein neuer Ton hinzukommen kann und eine Welle, welche früher die längste war, bei der Annäherung aufhört als solche wahrgenommen zu werden und in eine etwas kürzere übergeht, so muſs man dagegen beachten, daſs beim Lichte die neue Farbe auch unsichtbar ist, und, beim Entfernen, die Stelle des Violetts durch eine kürzere, früher unsichtbare Welle eingenommen wird, mithin das Spectrum in seiner Reinheit wiederhergestellt ist, d. h. ganz zu dem geworden ist, was es früher war. Auch selbst wenn die Geschwindigkeit so groſs wäre, daſs die vormals violetten Strahlen zu rothen, oder umgekehrt diese zu jenen würden und der ganze übrige Theil des Spectrums verschwände, so wären doch immer noch genug unsichtbare, aus kürzeren oder längeren Wellen bestehende Strahlen da, um das übrig gebliebene Licht zum vollkommnen Spectrum zu ergänzen. Dieſs nun eben findet im Allgemeinen bei dem Geräusche nicht statt, und dennoch ist selbst bei ihm die Veränderung nicht merkbar.

§. 14.

Es wird leicht zu erweisen seyn, dafs dieser Satz keine blofse Annahme, sondern in der Natur begründet ist, denn erstlich würde das Gegentheil unwahrscheinlich seyn, und zweitens auch der bisherigen Erfahrung geradezu widersprechen.

In der Theorie der Bildung von Aetherwellen liegt kein Grund, warum vorzugsweise Schwingungen von einer gegebenen Länge erregt werden sollten, eben so wenig wie diefs bei den Schallwellen stattfindet. Es hängt nur von der Natur des schwingenden Körpers ab, ob schnellere oder langsamere Schwingungen erregt werden. Es würde demnach sehr sonderbar seyn, wenn nur diejenigen Schwingungen hervorgerufen würden, welche für das menschliche Auge sichtbar sind. Ueberdiefs widerspricht es der Analogie mit dem Schalle, denn in der Luft können bestimmt Wellen erregt werden, die für die Wahrnehmung durch das Ohr zu lang oder zu kurz sind.

Das Gegentheil ist also sehr unwahrscheinlich; es ist aber auch der Erfahrung zuwider. Ich werde, um mich nicht in Hypothetisches zu verwickeln, unberücksichtigt lassen, dafs diefs- und jenseits des Lichtspectrums chemische, wärmende oder anderweitige Strahlen vorhanden sind, zumal ich es für sehr wahrscheinlich halte, dafs diese Strahlen nicht in leuchtende übergehen können, sondern von den Lichtstrahlen durch eine solche Modification der Wellen unterschieden sind, wie wir beim Schalle *Klang* nennen, — vielmehr will ich mich nur auf die Lichtstrahlen beschränken.

Herschel, und Einige mit ihm, haben aufserhalb des für uns unsichtbaren Violetts noch Strahlen von Lavendelfarbe gesehen. Diese Strahlen müssen also nothwendig zu violetten werden, und vielleicht könnte ein Anderer noch jenseits dieser Lavendelstrahlen eine andere Farbe wahrnehmen. Besonders wird meine Behauptung verstärkt durch die vor etwa dreifsig Jahren

von Arago gemachte Beobachtung, dafs der Brechungsindex des von Gestirnen auf die Erde gesandten Lichts ungeändert bleibt, die Erde mag sich ihnen nähern oder von ihnen entfernen [1]). Diese Beobachtung ist nun nicht anders zu erklären als durch die Annahme Arago's [2]): „*que les corps lumineux émettent des rayons avec toutes les vitesses possibles et que dans l'emsemble de ces vitesses une seule produit la sensation de lumière, ce qui rend compte aussi de l'égalité de vitesse apparente des royons de toutes les étoiles.*" Wenn man diefs in die Sprache der Undulationstheorie übersetzt, und bedenkt, dafs es im freien Aether nur Eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit geben kann [3]), so mufs man annehmen, dafs die Gestirne Wellen von unendlich verschiedener Oscillationsgeschwindigkeit aussenden, und dafs von der Gesammtheit dieser Oscillationsgeschwindigkeiten nur diejenigen die Empfindung des Lichts und einer bestimmten Farbe erregen, welche wir als solche im Sonnenspectrum haben kennen gelernt. Sind dann auch die Strahlen, welche bei relativer Ruhe der Erde sichtbar waren, in Folge der Bewegung mehr oder weniger abgelenkt als früher, so ist doch auch zugleich die Oscillationsgeschwindigkeit eine andere geworden: sie haben dadurch ihre Farbe geändert, und andere, früher unsichtbare Strahlen haben ihre Stelle und Natur genau ein- und angenommen.

Nur eine Schwierigkeit bleibt mir noch zu beseitigen; sie entspringt daraus, dafs man den verschiedenen Farben

1) Man findet sie auseinandergesetzt in Biot's *Traité d'Astronom. physique Edit. III, T. III, p.* 139 *et* 141.

2) Die Erklärung, welche Fresnel in Aufforderung von Arago gegeben hat, ist nicht haltbar. *Ann. de phys. et de chimie T. IX, p.* 58; auch gegen die Erklärung Cauchy's (*Compt. rend. T. VIII, p.* 327) ist einzuwenden, dafs auch das Verhältnifs der relativen Geschwindigkeit sich bei der Bewegung ändert. Arago hat seine Erklärung wiederholt in den *Compt. rend. T. VIII, p.* 326.

3) Cauchy, *Dispersion de la lumière.*

des Spectrums verschiedene Intensitäten zugeschrieben hat, namentlich den gelben und blauen Strahlen die gröfste. Wenn dem wirklich so wäre, so könnte man sagen, es würde, bei Stellvertretung einer Farbe durch die andere, in dem veränderten Spectrum das intensive Gelb in intensives Orange, das schwache Grün in schwaches Gelb u. s. w. übergehen, und folglich das Spectrum eine ganz andere Tinte annehmen. Allein, wenn man auch aufser Acht lassen will, dafs es beinahe die complementaren Farben sind, welche eine gleiche Intensität zu haben scheinen, so mufs es doch als ein kräftiges Argument gegen jenen Einwurf angesehen werden, dafs die erwähnten Farbenintensitäten höchst wahrscheinlich subjectiv, von dem Auge selbst abhängig sind. Ich will hier nur an das erinnern, was Melloni in diesen Annalen gesagt hat [1]). Ist dieses richtig, so ist auch sogleich jener Einwurf beseitigt, denn dann werden schwache grüne Strahlen zu intensiven gelben, und intensiv gelbe zu schwach orangefarbenen.

§. 15.

Ich kann nicht umhin hier noch mit wenigen Worten der zweiten schönen Abhandlung des Hrn. Professor Doppler zu gedenken [2]). Gegen diese mag wohl nichts einzuwenden seyn, da schwerlich Jemand die oben erwähnte Annahme Fresnel's billigen wird. Aufser dafs Hr. Prof. Doppler viele astronomische Beobachtungen angegeben hat, durch welche die Theorie geprüft werden kann, hat er auch einige interessante Folgerungen gezogen, und gezeigt, dafs sie auch für spätere Entdeckungen fruchtbar seyn kann, sobald sie nur einmal erst ganz bestätigt ist.

1) Melloni, *Compt. rend., XIV, p.* 328, und diese Ann. Bd. 56, S. 574.

2) Christian Doppler: Ueber eine bei jeder Rotation des Fortpflanzungsmittels eintretende eigenthümliche Ablenkung der Licht- und Schallstrahlen. Prag, 1844.

Hierauf kommt es nun aber eben an, und es wundert mich darum, dafs gerade diejenige astronomische Beobachtung, welche am leichtesten diesen Beweis liefern kann, nicht ausdrücklich angeführt ist. Ich meine die Bedekkung der Jupiterstrabanten nicht durch den Kernschatten des Planeten, sondern durch den Planeten selbst, welche letztere Beobachtung, wenn sie auch eben so schwierig als die erste seyn möchte, doch den Vorzug hat, dafs sie einen doppelt so grofsen Unterschied giebt. In der Annahme nämlich, dafs die Bahn des Trabanten genau in der Ebene des Jupiter-Aequators läge, würde der Satellit erst hinter seinem Hauptplaneten verschwinden, wann er bereits 26,86 Raumsecunden hinter demselben fortgerückt ist, und würde schon wieder sichtbar werden, wenn er noch eben so viele Secunden fortrücken müfste, um, im Fall die rotatorische Ablenkung nicht vorhanden wäre, sichtbar zu seyn. Zu solchen Beobachtungen hat man oftmals Gelegenheit und ist unabhängig von einer genauen Zeitbestimmung. Ich glaube, es würde auf diese Weise leichter seyn die rotatorische Ablenkung darzuthun, als durch das sogleich erwähnte Instrument, welches zu viele practische Schwierigkeiten hat, um in Anwendung kommen zu können, selbst wenn man einen Künstler hätte, wie Hr. Arago in Hrn. Bruguet gefunden hat. Es würde immer noch leichter seyn, die von Arago zur Entscheidung über die Emissions- und Undulationstheorie ersonnenen, sich 2000 Mal in einer Secunde umdrehenden Spiegel darzustellen [1]), als einen Glascylinder anzufertigen, welcher, bei einem Meter Durchmesser, 1000 Mal, oder bei $\frac{1}{2}$ Meter Durchmesser, 2000 Mal in der Secunde um eine horizontale Axe rotirte, dabei eine genau cylindrische Oberfläche darböte, aus homogenen Glase bestände, und höchst genau centrirt wäre, um dem Lichtstrahl, der ihn in einer auf der Axe senkrechten Ebene durchlief, eine rotatorische Ablenkung von $\frac{5}{6}$ Secunden

1) Arago, *Compt. rend., T. VII, p.* 954. Dies. Ann. Bd. 46, S. 28.

einzuprägen, eine Gröfse, welche immer noch nicht leicht zu messen seyn würde. Ich gebe auch darum nur die Idee, nicht die Details.

Utrecht, den 5. August 1845.

II. *Von der Geschwindigkeit des Schalls zwischen zwei Standpunkten von gleicher oder ungleicher Höhe über dem Meere; von den HH. A. Bravais und Ch. Martins.*

(*Ann. de chim. et de phys., Ser. III, T. XIII, p.* 5.)

I. Schallgeschwindigkeit zwischen zwei Standpunkten von gleicher Höhe über dem Meere.

Die ersten Versuche über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls in der Luft zwischen zwei Standpunkten, deren Höhenunterschied Null oder unbedeutend ist, stammen von Mersenne und Gassendi her; sie wurden von vielen Physikern wiederholt, unter andern von denen der *Accademia del Cimento*, von Rob. Boyle, Bianconi, Flamsteed und Halley. Allein der Widerspruch zwischen den von ihnen erhaltenen Zahlen beweist genugsam, dafs die experimentellen Methoden damals noch nicht weit genug waren, um genaue Resultate zu erlangen; auch hat es die Pariser Academie der Wissenschaften für ihre Pflicht gehalten, Versuche zu unternehmen, um die Gesetze dieser Fortpflanzung scharf zu bestimmen. Es wurde eine Commission ernannt, bestehend aus Lacaille, Maraldi und Cassini de Thury, denen mehre Gehülfen hinzutraten [1]). Die Sternwarte, die Pyramide von Montmartre, die Mühle von *Fontenay-aux-Roses* und das Schlofs *Lay* waren die von den Acade-

1) *Sur la propagation du son, par Mr.* Cassini de Thury (*Mém. de l'acad., année* 1738, *p.* 128.).

mikern erwählten Standpunkte. Bei dem letzten Versuche nahmen sie den Thurm von Dammartin hinzu. Man schofs folgweise eine Kanone beim Observatorium, bei Montmartre und Montlhéry ab. Die Beobachter hatten sich vorgesetzt, den Einflufs des Windes zu ermitteln; sie liefsen daher an zwei Standpunkten *wechselseitige* Schüsse thun [1]) und nahmen als Maafs der Schallgeschwindigkeit in ruhiger Luft die halbe Summe der an jeder Station zwischen Blitz und Knall beobachteten Zeit. Allein Hr. Arago macht mit Recht die Bemerkung [2]), dafs unter allen diesen Schüssen nur die vom 14. und 16. März 1738 zwischen Montlhéry und Montmartre wechselseitige genannt werden können, wenn man überhaupt Schüsse wechselseitige nennen kann, die in Zwischenzeiten von 35 Minuten gethan sind. Was die betrifft, welche um 9^h 25′ und 9^h 30′ Abends am 14., 16. und 20. März beim Observatorio und auf dem Montmartre gelöst wurden, so geben sie nur ein unrichtiges Resultat, und können es nur geben, weil beide Standpunkte nur 5713 Meter auseinander liegen. Zur Messung der zwischen dem Blitz und dem Knall der Kanone verstrichenen Zeit, hörten die Beobachter auf das Schlagen eines Secunden-Pendels, und begnügten sich, die halben Secunden zu schätzen. Sie zeichneten auch den Stand des Baro- und Thermometers auf; letzteres hielt sich während der ganzen Dauer der Versuche zwischen 5° und 7°,5 C. [3]). Allein sie hatten keine Mittel, die Menge des in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampfs zu schätzen. Jedenfalls hat die Commission nachgewiesen, dafs die Schallgeschwindigkeit gleichförmig ist, dafs sie ferner gleich ist bei schönem Wetter und bei Regen, bei Tage und bei Nacht, welch eine Richtung die Kanone auch haben möge.

Sie

1) *Histoire de l'acad. des sciences, année* 1738, *p.* 2.

2) *Connaissance des temps pour* 1825, *p.* 370.

3) *Mémoires de l'acad. des scienc., année* 1738, *p.* 141.

Sie hat den Einflufs der Richtung und Stärke des Windes hinsichtlich der Beschleunigung oder Verzögerung der Geschwindigkeit und der Verstärkung oder Schwächung der Intensität aufser allen Zweifel gesetzt. Aus der Gesammtheit ihrer Versuche ergiebt sich die Schallgeschwindigkeit in der Luft bei 0° im Mittel zu 332,9 Meter in der Secunde.

Im folgenden Jahre machten Lacaille und Cassini einige Versuche zwischen *Aigues-Mortes* und *Cette*, um den Einflufs der Nähe des Meeres und eines anderen Clima zu ermitteln [1]). Der Abstand zwischen beiden Stationen betrug 43574 Meter, allein die Schüsse waren nicht wechselseitig. Derselbe Vorwurf trifft die Versuche, welche La Condamine i. J. 1740 zu *Quito* [2]) und i. J. 1744 zu Cayenne [3]) machte. Für den in einer Zeitsecunde vom Schall durchlaufenen Raum fand er das erste Mal 339 Meter, das zweite Mal 357. Diese grofse Schallgeschwindigkeit in einer Luft, deren Temperatur hoch war, mufste die Physiker auf die Nothwendigkeit aufmerksam machen, die Temperatur der Luft, in welcher sich der Schall fortpflanzt, zu berücksichtigen.

Im J. 1778 wandte Kästner in Göttingen zuerst eine Terzienuhr mit Sperrung an, um die Zeit zwischen Blitz und Knall zu beobachten [4]); allein Benzenberg, der diese Uhr prüfte, lehrt uns, dafs ihr Gang sehr unregelmäfsig war und der Mechanismus des Sperrens auf sie Einflufs hatte [5]). Ueberdiefs war, da die Kanonenschüsse nicht wechselseitig geschahen, der Einflufs des

1) *Sur les opérations géometriques faites en France dans les années* 1737 *et* 1738 (*Mém. de l'acad., année* 1739, *p.* 119.).

2) *Journal du voyage fait par ordre du roi à l'équateur, T. I., p.* 98.

3) *Relation abrégée d'un voyage fait dans l'intérieur de l'amérique* (*Mém. de l'acad., année* 1745, *p.* 488.).

4) Göttingische Anzeigen von gelehrten Sachen, Jahrg. 1778, S. 1145.

5) Gilbert's Annal. der Physik, Bd. 35, S. 385.

Windes nicht beseitigt. Aus beiden Gründen müssen diese Versuche weniger Zutrauen einflöfsen, als die der französischen Akademiker. Die von Müller i. J. 1791 gleichfalls zu Göttingen angestellten Versuche sind mit derselben Fehlerquelle behaftet [1]). Die i. J. 1794 von Espinosa und Bauza zu *St. Jago de Chili* gemachten, hatten den Zweck, den Einflufs der Temperatur zu ermitteln, die von 21 bis 25° C. ging [2]). Allein die Mittel aus vier Beobachtungsreihen stimmen wenig mit einander überein und können also den Physikern kein grofses Vertrauen einflöfsen.

Am 5. Nov. 1809 schätzte Benzenberg bei funfzehn Kanonenschüssen zu Düsseldorf die Zeit zwischen Blitz und Knall in einem Abstande von 4627 Metern. Am 2. und 3. December begab er sich auf den Thurm von Ratingen, der 9072 Meter von Düsseldorf entfernt st. Er bediente sich einer mit Sperrung versehenen Terzienuhr von Pfaffius, welche den Tag in zehn Millionen Theile theilte und hinsichtlich ihres Ganges sorgfältig studirt worden war. Die Zahl der beobachteten Kanonenschüsse stieg auf 60 [3]).

Diese Versuche würden untadelhaft seyn, wenn die Schüsse wechselseitig gewesen wären. Sie wurden bei niederen Temperaturen gemacht und Gilbert spricht in einer Anmerkung zu Benzenberg's Abhandlung die Nothwendigkeit aus, Temperatur und Druck zu berücksichtigen, und mittelst der Newton'schen Formel in Rechnung zu nehmen, da sie die Undulationsgeschwindigkeit in einem elastischen Mittel in Function der Schwerkraft, des Drucks und der Dichtigkeit des Fluidums giebt [4]). Diese Bemerkung von Gilbert veranlafste Benzenberg seine

1) Götting. Anzeig. u. s w, Jahrg. 1791, S. 1593.

2) *Ann. de chim. et de phys., Ser. II, T. VII, p.* 93.

3) Gilbert's Annalen, Bd. 35, S. 383.

4) Ebendaselbst.

Versuche im Juni 1811 zu wiederholen [1]). Bei drei auf einander folgenden Reihen war die Temperatur der Luft 12°,0, 28°,0 und 28°,4 C. Die Gesammt-Anzahl der Schüsse stieg auf vierzig. Durch Vergleich der bei verschiedenen Temperaturen angestellten Versuche konnte Benzenberg eine empirische Tafel entwerfen, welche die Schallgeschwindigkeit in einer Sexagesimalsecunde für alle Temperaturen zwischen 0° und 30° C. angab. Die Zahl, welche er aus der Gesammtheit seiner Beobachtungen für den in Luft von 0° in einer Secunde durchlaufenen Raum ableitet, ist 333^{m},7.

Vom Juli 1820 bis November 1821 beobachtete Goldingham, Astronom zu Madras, mehr als achthundert Kanonenschüsse, die auf dem Fort St. George und bei der Artilleriekaserne auf dem St. Thomasberg abgefeuert wurden [2]). Wählt man 91 bei vollkommen ruhiger Luft zwischen Blitz und Knall beobachtete Zeiten aus, so findet man 331^{m},0 für die Geschwindigkeit des Schalls in der Luft, deren Temperatur nach der Newton'schen Formel auf 0° zurückgeführt worden.

Dieser kurze geschichtliche Abriſs genügt zu zeigen, daſs die experimentellen Methoden, welche man, um zu einer strengen Bestimmung der Schallgeschwindigkeit zu gelangen, angewandt hat, seit den berühmten Versuchen von 1738 keine erhebliche Fortschritte gemacht hatten. Die Beobachter erfüllten nicht die Bedingung der Wechselseitigkeit der Schüsse, obwohl die französischen Akademiker die ganze Wichtigkeit derselben hervorgehoben hatten. Nur die Mittel zur Zeitmessung waren vervollkommt worden. Ueberdieſs hatten Gilbert und Benzenberg zuerst das Element der Temperatur bei der Reduction der Beobachtungen eingeführt, obwohl schon Bianconi

1) Gilbert's Annalen, Bd. 42, S. 1.

2) Poggendorff's Ann. d. Physik, Bd. 5, S. 476.

i. J. 1740 erwiesen hatte [1]), dafs die Schallgeschwindigkeit in einer Luft von 35° weit gröfser ist als in einer von —1°,5.

Um diesen Unsicherheiten ein Ende zu machen, ernannte das *Bureau des Longitudes* i. J. 1822 eine Commission zum Behufe der Anstellung von Versuchen über die Schallgeschwindigkeit und somit einer Prüfung der neuen theoretischen Bestimmung, welche La Place, aus den Versuchen des Hrn. Gay-Lussac abgeleitet, über die specifische Wärme der Luft gemacht hatte. Diese Commission bestand aus den HH. Prony, Bouvard, Mathieu und Arago, denen die HH. Gay-Lussac und v. Humboldt hinzutraten [2]). Die von den Beobachtern gewählten Stationen waren Villejuif und Montlhéry, deren Entfernung, durch Hrn. Arago trigonometrisch bestimmt, 18613 Meter beträgt. An jeder derselben hatten sie einen Sechspfünder, von Artilleristen bedient. Fünf Chronometer mit Sperrung, von Hrn. Breguet, dienten zur Messung der Zeit. Hr. de Prony hatte einen Chronometer ohne Sperrung, der 150 Schläge in der Minute machte. Am 21. Juni 1822 wurden die zu Montlhéry gethanenen Schüsse vollkommen zu Villejuif gehört, während die von Villejuif dermafsen geschwächt in Montlhéry anlangten, dafs sie unter den drei Beobachtern nur von zwei und zuweilen nur von einem einzigen vernommen wurden. Sieben correspondirende, in Zwischenzeiten von fünf Minuten abgefeuerte Schüsse wurden indefs an jedem der beiden Standpunkte gehört. Die gröfste Abweichung in der Schätzung der Zeit zwischen Blitz und Knall eines Schusses betrug für

1) *Della diversa velocita del suono in Venezia*, 1746, und *Commentarii Bononienses, T. II, Pars I, p.* 365.

2) *Résultats des expériences faites par ordre du bureau des longitudes pour la détermination de la vitesse du son dans l'atmosphère, par Mr.* Arago (*Connaissance des Temps*, 1825, *p.* 361.).

beide Stationen 0,4 Secunden. Am andern Tage, 22. Juni, wurde von 12 zu Villejuif abgefeuerten Schüssen nur ein einziger zu Montlhéry gehört, von den HH. Bouvard und Gay-Lussac, so dafs diese Versuche denen des vorherigen Tages nichts hinzufügten. Während der ganzen Dauer der Versuche beobachtete man von 5 zu 5 Minuten das Baro-, Thermo- und Hygrometer. Die sieben wechselseitigen, in Zwischenräumen von 5 Minuten abgefeuerten Schüsse geben für die Schallgeschwindigkeit in *trockner* Luft bei 0°, wenn man 0,0366 als Ausdehnungscoëfficient der Luft und die von La Place [1]) für die Feuchtigkeit der Luft nachgewiesene Berichtigung $0^m,57$ annimmt, die Zahl $330^m,8$.

Der berühmte Berichterstatter der Commission besteht dringend auf die Nothwendigkeit, die Kanonenschüsse wechselseitig abzufeuern, um den Einflufs des Windes zu eliminiren. Er zeigt, dafs das Ideal dieser Art von Versuchen ein gleichzeitiges Abfeuern der Kanonen an beiden Stationen verlangte, und beweist, dafs selbst in diesem Fall die halbe Summe der Zwischenzeiten nicht immer nothwendig das Maafs der Fortpflanzung des Schalls in ruhiger Luft seyn würde.

Ohne Zweifel waren es diese Gründe, welche die HH. Moll und v. Beek bewogen, diese Versuche zu wiederholen, und dabei alle Vorsichtsmaafsregeln zu treffen, dafs die wechselseitigen Schüsse in so kurzen Zwischenzeiten wie möglich abgefeuert wurden [2]). Prinz Friedrich von Holland hatte den beiden Gelehrten vier Kanonen, 6- und 12-Pfünder, zur Verfügung gestellt. Mehre Officiere und Studenten der Universität Utrecht wirkten als Gehülfen mit zu diesen Versuchen. Die Zeit

1) *Sur la vitesse du son, par M.* de la Place (*Connaissance des Temps*, 1825, *p.* 372.).

2) Versuche über die Geschwindigkeit des Schalls, gemacht in Holland. (Poggendorff's Annal. der Physik, Bd. 5, S. 351 und 469. — *Philosoph. Transact.*, 1824, *p.* 424.).

wurde durch zwei Chronometer von wohlbekanntem Gange gemessen. Die Zeiten zwischen Blitz und Knall mafs man durch zwei Pfaffius'sche Terzienuhren mit Sperrung, deren Zeiger geradezu Hundertel einer Decimalsecunde angaben [1]). Bei diesen Uhren hat das Pendel eine doppelte Aufhängung und beschreibt einen Kegel, dessen Scheitel der Aufhängepunkt ist. Im Moment, da man den Blitz gewahrt, setzt man durch einen Druck auf eine Feder den Zeiger in Gang; im Augenblick, da man den Knall vernimmt, zieht man den Daum zurück und der Zeiger steht. Ueberdiefs waren die Beobachter mit Barometern, Thermometern und Daniell'schen Hygrometern versehen. Eine Windfahne zeigte die Richtung des Windes an. Als Standpunkte wählten sie in der Haide von Utrecht zwei Hügel, *Zevenboompjes*, welchen wir mit A bezeichnen wollen, und *Kooltjesberg*, welchen wir B nennen. Die Entfernung beider Stationen ist $17669^m,3$. Sie wurde aus vier verschiedenen Dreiecken berechnet, die sich auf ein Dreieck der Krayenhoff'schen Vermessung stützte [2]). Der gröfste Unterschied zwischen diesen vier Bestimmungen stieg auf $2^m,45$.

Die Versuche wurden auf folgende Weise angestellt. Am 23. Juni 1823, Abends, liefs man von der Station A eine Rakete aufsteigen. Diefs war das Signal, dafs auf dieser Station alles bereit war. Als Antwort stieg vom Punkte B eine Rakete auf; sie benachrichtigte die Beobachter an der ersten Station, dafs die der zweiten auf ihren Posten waren. Um $8^h\ 0'\ 0''$ des Chronometers der Station A that man den ersten Kanonenschufs, und um $8^h\ 5'$ einen zweiten; einen dritten Schufs that man an beiden Stationen gleichzeitig um $8^h\ 10'\ 0''$. Diese drei Schüsse beabsichtigten die Chronometer in Beziehung zu

1) Ueber ein Centrifugal-Pendel (Gilbert's Annal. d. Physik, 1804, Bd. 16, S. 494.).

2) *Précis des opérations géodésiques et trigonométriques en Hollande; par Mr. le Général* Krayenhoff.

setzen. Um genau in einem Augenblick abzufeuern verfuhr man folgendergestalt: Ein Officier hielt die brennende Lunte über dem Zündloch; ein anderer hielt den Chronometer vor Augen und faſste den ersteren am Arm. Genau im Moment, da der Zeiger die verabredete Secunde erreichte, drückte er den Arm, der die Lunte hielt, nieder und die Kanone ging los. Wenn die Chronometer verglichen waren, begannen die Versuche. Man that auf der Station *A* einen Schuſs, und eine oder höchstens zwei Secunden hernach antwortete man auf der Station *B* mit einem Schuſs. Am 23., 24. und 25. Juni wurden indeſs die Schüsse der Station *A* nicht an der Station *B* gehört, obwohl man sich am 24. und 25. eines 12-Pfünders, geladen mit 3 Kilogramm. Pulver, bediente. Am 25. verhielt es sich umgekehrt. Die Beobachter der Station *A* hörten nicht die Schüsse der Station *B*. Allein am 27. hatte man 22 wechselseitige Schüsse und am 28. deren 14. Das Mittel der bei diesen 36 wechselseitigen Schüssen zwischen Blitz und Knall beobachteten Zeit giebt für die Geschwindigkeit des Schalls in trockner Luft bei 0°, berechnet nach dem neuen Ausdehnungscoëfficienten, 332^{m},25. Der Unterschied der Resultate beider Reihen, vom 27. und 28. Juni, beträgt 0^{m},66. Berechnet man dagegen aus den 36 nicht wechselseitigen Schüssen des 25. und 26. Juni die Schallgeschwindigkeit, so findet man, daſs die Mittel der an beiden Abenden gemachten Bestimmungen um 6^{mm},35 von einander abweichen. Diese Zahlen machen genugsam einleuchtend, wie äuſserst wichtig die Wechselseitigkeit der Schüsse ist.

Die eben angeführten Versuche scheinen uns alle Genauigkeitsbedingungen, welche man an diese Art von Versuchen zu machen berechtigt ist, zu erfüllen, denn: 1) die Standlinie, genau gemessen, betrug über 17 Kilometer; 2) die wechselseitigen Schüsse wurden in Zwischenzeiten von einer bis zwei Secunden, und in hinreichender Anzahl abgefeuert, um einen genauen Mittelwerth zu geben; 3) alle

erforderlichen meteorologischen Instrumente wurden während der ganzen Dauer der Versuche beobachtet; 4) die Zähler waren sorgfältig verglichen mit Chronometern, die nach astronomischen Beobachtungen regulirt worden; indefs sind die Zähler selbst nicht gegen allen Einwurf gesichert. Der Zeiger setzt sich, wie gesagt, in Gang, sobald man an eine Feder drückt. Ehe er in Bewegung kommt, geht nothwendig Zeit verloren; und dieser Zeitverlust kann nicht derselbe seyn wie beim Anhalten des Zeigers. Es findet also keine Compensation statt, wie bei den Uhren mit gewöhnlichen Sperrungen. Die punktirenden Zähler der HH. Breguet sind gegen diesen Uebelstand vollkommen sicher gestellt; denn der Hebel, welcher den Punkt macht, ist von dem Uhrwerk ganz unabhängig und folglich ohne Einflufs auf den Gang des Secundenzeigers. Noch mehr: da man den Augenblick eines Phänomens dadurch anmerkt, dafs man einen Knopf mit dem Daumen niederdrückt, so haben die Verzögerungen gegen diesen Augenblick immer einen fast gleichen Werth und compensiren sich daher. Bei den von den holländischen Beobachtern angewandten Uhren erfordern das Anhalten und Loslassen verschiedene Muskelbewegung, und da fragt es sich dann, ob diese beiden Bewegungen gleiche Dauer haben.

Nach den denkwürdigen Versuchen der französischen und holländischen Physiker finden wir die, welche Gregory i. J. 1824 zu Woolwich machte, um den Einflufs des Windes zu ermitteln [1]). Sie konnten nicht zu genauen Resultaten führen, weil weder die Schüsse wechselseitig geschahen, noch die Entfernung grofs genug war.

Obwohl diese beiden Vorwürfe auch die Versuche treffen, welche die englischen Seefahrer auf ihrer Ueberwinterung in Nordamerika anstellten, so können wir sie

1) *An Account of some experiments made in ordre to determine the velocity with which the sound is transmitted in the atmosphere* (*Philosoph. Magazine*, 1824, *T. LXIII*, *p.* 401.).

doch nicht mit Stillschweigen übergehen, denn sie zeigen, dafs die Schallgeschwindigkeit abnimmt, so wie das Thermometer sinkt. Auf der Reise von Franklin liefs Lieutenant Kendall am 31. Octbr., 3., 5., 14. Novbr. und 23. Decbr. 1825 vierzig Schüsse am Ufer des grofsen Bärensee abfeuern [1]). Die Temperaturen lagen zwischen —2°,5 und — 40°,0 C., und die Abstände gingen von 464 bis 1856 Meter. Er suchte den Einflufs der Winde zu bestimmen, indem er denselben durch directe Versuche schätzte. Kendall fand die Schallgeschwindigkeit in einer Secunde bei —2°,5 C. = 331^{m},2 und bei —40° = 313^{mm},9.

Während seiner Ueberwinterung zu *Ingloolik* und *Winter-Island* machte Parry, mit seinen Lieutenants HH. Nyas und Fischer, achtzehn Versuche über die Schallgeschwindigkeit [2]). Sieben davon wurden bei Abständen von 878 bis 1629 Meter gemacht, die übrigen elf bei dem Abstande von 2580 Meter. Die Schüsse waren nicht wechselseitig. Sie fanden, dafs bei —0°,7 C. der Schall 326^{m},1 in der Secunde durchläuft, dagegen bei —40°,7 C. nur 300^{m},5. Diese Resultate stimmen bei weitem nicht mit denen von Kendall. Auf seiner dritten Reise wiederholte Parry diese Versuche zu Port Bowen mit seinem Lieutenant Hrn. Foster [3]). Die Kanone befand sich am Lande, und die Beobachter auf der 3930 Meter vom Ufer vor Anker liegenden Corvette. Sie schätzten die Zeit zwischen Blitz und Knall mittelst Ta-

1) *Observations in the velocity of sound at different temperatures (Narrative of a second expedition to the shores of the polar sea, by* John Franklin. *Appendix IV.*).

2) *Appendix to captain* Parry's *Journal of a second voyage for the discovery of the North-west-passage in the years* 1821—1823.

3) *Experiments to determine the rate at which sound travels at various temperatures and pressures of the atmosphere (Journ. of the third voyage for the discovery of a North-west-passage in the years* 1824—1825. *Appendix, p.* 86.).

schenchronometer, auf deren Schläge sie hörten. Bei ruhiger Luft und einer Temperatur von —38°,5 C. fanden sie eine Geschwindigkeit von $309^{m},2$ in der Secunde.

II. Schallgeschwindigkeit zwischen zwei Standpunkten von ungleicher Höhe über dem Meere.

Bei allen so eben angeführten Versuchen war der Höhenunterschied der beiden Stationen entweder Null oder unbedeutend. Die Theorie zeigt an, dafs die Fortpflanzung des Schalls in lothrechter oder in mehr oder weniger schiefer Richtung mit derselben Geschwindigkeit geschehen müsse wie in horizontaler. Es läfst sich auch voraussehen, dafs der emporsteigende Ton sich mit gleicher Schnelligkeit bewegen mufs wie der herabkommende. Indefs da es immer gut ist, die Angaben einer Theorie durch Erfahrung zu prüfen, so beschlossen zwei östreichische Gelehrte, die HH. Stampfer und v. Myrbach, dazu die Signalfeuer zu benutzen, durch welche man im Sommer 1822 den Längenunterschied mehrer Berge in Tyrol bestimmte [1]).

Es wurden zwei Kanonen aufgepflanzt, die eine am Mönchstein, bei Salzburg, die andere am Untersberg. Der Höhenunterschied beider Standpunkte beträgt 1364 Meter, die schiefe Entfernung derselben 9940 Meter. Mithin machte die vom Schall durchlaufene Linie einen Winkel von 7° 53′ mit dem Horizont. Hr. Stampfer befand sich an der oberen Station und beobachtete mit Hülfe eines Secundenpendels und eines Chronometers, der 4,7 Schläge in der Secunde machte. Hr. v. Myrbach war am Mönchstein stationirt und beobachtete ein Secundenpendel. Am 30. Sept. 1822 wurden unten 13 und oben 20 Schüsse gethan. Bei diesen Versuchen wich die Geschwindigkeit des aufsteigenden Tons von der des absteigenden im Mittel nur um $0^{m},22$ ab, und die halbe

1) Poggendorff's Annal. d. Physik, Bd. 5, S. 496, und Jahrbücher des Wiener polytechnischen Instituts, Bd. 7, S. 23.

Summe beider Geschwindigkeiten in Luft von 0° betrug pro Secunde 332^m,96, wenn man sie mit dem neuen Ausdehnungscoëfficienten der Luft berechnet. Die östreichischen Gelehrten haben nicht das Hygrometer beobachtet; wenn man aber eine mittlere Feuchtigkeit von 75 pCt. bei der Temperatur 3°,4 voraussetzt, so nähert sich die erhaltene Zahl noch mehr der der holländischen Beobachter.

Begierig diese Versuche bei einem noch bedeutenderem Höhenunterschied zu wiederholen, verschafften wir uns zwei solche gufseiserne Kanonen von kurzem Laufe, wie man gewöhnlich *Böller* (*boîtes*) nennt. Das Gewicht einer jeden betrug 25 Kilogramm. und ihr innerer Durchmesser 44 Millimeter. Sie hatten ein Zündloch zur Seite. Eine dieser Kanonen wurde auf das Faulhorn gebracht, die andere im Dorfe Tracht, bei Brienz, am Ufer des gleichnamigen Sees, gelassen. Die schiefe Entfernung beider Stationen betrug im Mittel 9650^m,7, ihr Höhenunterschied 2079 Meter, und die Neigung der vom Schall durchlaufenen Linie 12° 26′.

Zum Messen der Zeit zwischen dem Erscheinen des Lichts und der Wahrnehmung des Tons besafsen wir zwei punktirende Zähler (No. 521 und 528), welche Hr. Breguet die Güte hatte uns zur Verfügung zu stellen. Bei diesen Instrumenten verpflanzt sich bekanntlich der mit dem Daumen auf einen äufseren Knopf ausgeübte Druck durch einen sinnreichen Mechanismus auf einen beweglichen Hebel, welcher, indem er auf das Zifferblatt niedergeht, daselbst einen schwarzen Punkt hinterläfst, und dadurch die Zeitsecunde und deren Bruch bezeichnet. Ueberdiefs hatten wir eine Sperr-Uhr von Jacob (No. 180), die 320 Schläge in der Minute machte. Der Mechanismus dieser Uhren ist von ihrem Erfinder im *Bulletin de la Société d'Encouragement* (*Août* 1830) beschrieben. Unser letztes Instrument endlich war ein sehr guter Chronometer (No. 63) von Winnerl, dessen täg-

licher Gang + 3″,0 war, und welcher halbe Secunden schlug.

Bei jedem der auf der oberen Station gemachten Versuche wurden die Uhren vor- und nachher mit dem Chronometer No. 63 verglichen. An der unteren Station konnte dieser Vergleich nicht jeden Abend gemacht werden, allein der zu dieser Station gehörende Zähler No. 528 wurde am 20. Oct. Abends mit dem Chronometer in Beziehung gesetzt, unter Temperatur-Umständen, die mit denen der vorherigen Abendbeobachtungen sehr nahe identisch waren.

Die ersten Versuche fanden am 21. Sept. Abends statt; es war für uns der Probe-Abend, dessen Resultate wir hier fortlassen. Die Kanone auf dem Faulhorn wurde mit 70 Grm. Pulver geladen, die bei Tracht mit 75 Grm. Alle Schüsse wurden deutlich gehört; allein der Knall der Kanone auf dem Berge langte in Tracht sehr geschwächt an; in Folge defs wurde die Pulverladung auf der Faulhorn-Station vergröfsert und bis 90 Grm. gebracht. Von da an war die Wahrnehmung des Knalls genügend; der Knall war stets scharf und von keinem Rollen begleitet.

Die folgenden Tafeln geben die Resultate der Beobachtungen vom 24., 25. und 27. September Abends; die Dauer der Fortpflanzung, wie sie sich in die zweite, dritte und vierte Spalte eingeschrieben findet, ist zuvor berichtigt worden wegen des täglichen Ganges der Uhr, deren jeder der Beobachter sich bediente.

An den Abenden des 24. und 25. bediente sich Hr. A. Bravais der Uhr No. 180 auf der oberen Station; allein da die Sperrung dieser Uhr am Morgen des 27. plötzlich in Unordnung gerieth, so wandte derselbe späterhin den Chronometer No. 63 an; er hörte die Schläge, zählte sie selbst und schätzte die Unterschiede. Hr. Martins beobachtete stets mit dem Zähler No. 521. Ein dritter Beobachter endlich, Hr. Camille Bravais, Bruder

des einen von uns, an der unteren Station aufgestellt, hatte den Zähler No. 528 in Händen.

Zuweilen erblickte man, Schlag auf Schlag, zwei gesonderte Feuer, das der Mündung und das des Zündlochs, welches letztere nothwendig dem ersteren voranging. In diesem Fall war es unmöglich den Daumen zur rechten Zeit von der Sperrfeder abzuziehen, und der auf dem Zifferblatte abgelesene Zeitpunkt entsprach immer dem Erscheinen des Lichts vom Zündloch [1]). In diesem Falle fand man eine zu grofse Zwischenzeit; wir haben diefs in unseren Registern angegeben und diese Fehlerquelle kann also eliminirt werden. Die Fälle des Doppellichts sind in der Tafel durch ein Doppelsternchen bezeichnet.

Zu Anfang und Ende jeder Reihe wurden Temperatur, Luftdruck und Dampfspannung gemessen. Die angegebenen Barometerstände sind wegen des constanten Fehlers der Instrumente berichtigt und stellen also absolute Werthe des Druckes vor. Alle Beobachtungen der unteren Station sind überdiefs reducirt auf das Niveau des Brienzer Sees ($563^m,9$), alle der oberen Station auf das Niveau der Horizontalebene, die den Gipfel des Berges berührt (2683 Met.).

Die Dampfspannung wurde an beiden Stationen mittelst des Psychrometers gemessen und nach der Formel

$$E = e' - 0,00085(t - t')B$$

berechnet [2]); endlich bediente man sich der neuerlich von Hrn. Regnault veröffentlichten Tafel der Dampfspannung.

Die Temperatur der Luft wurde genommen, indem man die Thermometer in der Luft herumschwenkte; die Lage ihrer Nullpunkte war am 24. Juli und 2. Sept. geprüft worden. Unten enthält die Tafel die Mittelwerthe

1) Eben so verhielt es sich, im Fall der Beobachter auf die Schläge des Chronometers hörte.

2) Siehe die französische Uebersetzung von Kämtz's Meteorologie, S. 78.

der Beobachtungen eines jeden Abend. Bei der Berechnung der mittleren Dauer der Fortpflanzungszeit sind die mit dem Erscheinen eines Doppellichts behafteten Beobachtungen ausgeschlossen; glücklicherweise sind diese Fälle selten. Ueberdiefs wird man bemerken, dafs die sechs Zahlen, welche mit einem Doppelsternchen bezeichnet sind, alle das entsprechende Mittel unter der Tafel übersteigen. Der Mittelwerth dieses Ueberschusses ist 0",24.

Endlich haben wir angegeben: den Zustand des Himmels, die Stärke des Windes, gemessen mittelst des Anemometers von Hrn. Combes, und die Richtung desselben, geschätzt nach dem Azimuth wohlbekannter irdischer Gegenstände in der Umgebung. Die obere Station lag N. 19° O. von der untern.

[In den drei letzten Spalten sind die Beobachtungen der unteren Station mit *U*, und die der oberen mit *O* bezeichnet.]

Zeit des Schusses.	Aufsteigender Schall.		Niedersteig. Schall.	Temper. d. Luft.	Barom. 6°,0	Dampfspannung.
	A. Bravais.	Martins.	C. Bravais.			
					mm.	mm.
7h 29' 50"	28",65**			*U*.+14°,4 *O*.+ 1 ,2	713,0 552,75	9,7 4,6
7 38 35			28",9			
7 43 40	28 ,35	28",41				
7 53 25		28 ,31				
8 0 30			28 ,3			
8 4 50	28 ,60	28 ,71				
8 18 0	28 ,45**	28 ,96**				
8 24 45			28 ,85**			
8 28 30	28 ,15	28 ,41				
8 34 35			28 ,7			
8 39 35	28 ,55	28 ,76		*U*.+13 ,1 *O*.+ 0 ,9	713,4 552,95	9,9 4,3
Mittel	28",41	28",52	28",63	*U*.+13,75 *O*.+ 1,0	713,2 552,85	9,8 4,45

Himmel heiter, aber schwach beschleiert; einige *Cirro-stratus*.

Untere Station. — Ruhig, um 7h 45' schwacher Nordwind, und zuletzt schwache Brise aus NNO.

Obere Station. — Süd, in SSW. übergehend, sehr schwach.

Zeit des Schusses.	Aufsteigender Schall.		Niedersteig. Schall.	Temper. d. Luft.	Barom. 6°,0	Dampfspannung.
	A. Bravais.	Martins.	C. Bravais.			
					mm.	mm.
7h 18' 40"	28",58	28",51		U. + 12°,9 O. + 1 ,4	715,9 554,75	10,65 4,8
7 35 40			28",85			
7 43 0	28 ,68	28 ,56				
7 47 50			28 ,9	O. + 0 ,9		
7 52 40	28 ,78	28 ,64				
7 58 35			28 ,55			
8 3 45		28 ,39				
8 14 55	28 ,58	28 ,81				
8 20 15			28 ,45			
8 25 50	28 ,63	28 ,75		U. + 12 ,75 O. + 0 ,7	716,2 554,9	10,6 4,8
Mittel	28",65	28",61	28",69	U. + 12°,82 O. + 0 ,95	716,05 554,82	10,62 4,8

Himmel halb bedeckt durch Cumuli aus SW. kommend, zu Anfange der Beobachtungen 4000 Meter hoch, gegen 8h 40' bis zum Gipfel des Faulhorn herabsinkend.

Untere Station. — Windstill.

Obere Station. — Um 7h 48' schwache Brise aus N.; um 8h 10' unausgesetzt bald SW., bald W.; die Geschwindigkeit in der Secunde um 8h 10' = 0m,9, um 8h 18' = 1m,4, um 8h 22' = 4m,0 und um 8h 26' = 2m,6.

Zeit des Schusses.	Aufsteigender Schall.		Niedersteig. Schall.	Temper. d. Luft.	Barom. 6°,0	Dampfspannung.
	A. Bravais.	Martins.	C. Bravais.			
					mm.	mm.
7h 19' 40"	28",35	28",53		U. + 15°,9 O. + 5 ,2	718,0 557,75	11,5 5,4
7 25 30			28",45	O. + 5 ,1		
7 30 40	28 ,60**	28 ,48**				
7 38 55			28 ,72			
7 44 50	28 ,15	28 ,43		U. + 16 ,2		
7 50 5			28 ,55			
7 56 30	28 ,40	28 ,38				
8 2 30			28 ,35			
8 8 25	28 ,65	28 ,68		U. + 16 ,0		
8 14 15			28 ,35			
8 20 5	27 ,90	27 ,98				
8 26 35			28 ,9			
8 32 30	28 ,15	28 ,48		U. + 16 ,1 O. + 4 ,8	718,1 557,6	11,15 5,5
Mittel	28",27	28",41	28",55	U. + 16°,07 O. + 4 ,95	718,05 557,67	11,33 5,45

Himmel halb heiter, geäpfelt; *Cirro-cumuli* aus SW.

Untere Station. — Anfangs sehr schwacher NO.; um $8^h\ 14'$ und $8^h\ 30'$ schwacher O.

Obere Station. — Anfangs schwacher NNO.; um $8^h\ 30'$ schwacher N. mit einer Geschwindigkeit von $1^m,9$ in der Secunde.

Wir haben nun noch aus den obigen Zahlen die Schallgeschwindigkeit abzuleiten. Im vorliegenden Fall betrug der vom aufsteigenden Schall durchlaufene Weg $9624^m,2$ (siehe den Zusatz am Ende) bei einem Höhenunterschied von $2116^m,4$. Der vom niedersteigenden Schall zurückgelegte Weg betrug $9677^m,3$ bei einem Höhenunterschied von $2041^m,5$. Das Mittel aus beiden Abständen ist $9650^m,7$.

Es ist leicht jede beobachtete Dauer, z. B. 28″,7, in die zu verwandeln, welche sie für diese letztere Entfernung seyn würde. Für den aufsteigenden Schall wird die an der beobachteten Dauer anzubringende Berichtigung seyn: $+28'',7\left(\frac{9650,7}{9624,2}-1\right)=+0'',08$; für den niedersteigenden wäre sie $-0'',08$.

Berichtigen wir hienach die Mittel der Beobachtungen von jedem Abend, nehmen wir die halbe Summe aus den an jedem Abend von den beiden Beobachtern der oberen Station gelieferten Mittelwerthe, und bezeichnen wir endlich mit *K* das Verhältniſs der Spannung des in der Luft vorhandenen Wasserdampfs zum Barometerdruck, dann haben wir die Resultate der folgenden Tafel:

Mittlere Dauer der Fortpflanzung des Schalls.

Sept.	Dauer der Fortpflanzung. Aufsteig. Schall.	Dauer der Fortpflanzung. Niederst. Schall.	Mittel.	Mittel-temperat.	Dauer reducirt auf 0′	Mittel von *K*.	Dauer in trockner Luft b. 0°
24	28″,545	28″,55	28″,547	+7°,25 C.	28″,922	0,0108	28″,982
25	28 ,71	28 ,61	28 ,66	+6 ,77	29 ,010	0,0117	29 ,074
27	28 ,42	28 ,47	28 ,445	+10 ,42	28 ,984	0,0126	29 ,053
Mittel	28″,558	28″,543	28″,551	+8°,17 C.	28″,972	+0,0117	29″,036
Schallgeschwindigkeit.							
	$337^m,92$	$338^m,10$	$338^m,01$		$333^m,11$		$332^m,37$

Ver-

Vergleicht man den Gang des aufsteigenden Schalls mit dem des niedersteigenden, so sieht man zuvörderst, dafs beide einander gleich sind. Die kleinen von Tag zu Tag veränderlichen Unterschiede, rühren ohne Zweifel von dem Winde her, der während der Beobachtungen wehte. Uebrigens war diese Wirkung immer nur von geringem Belang und ihr Einflufs mufs aus dem Mittel der drei Abende fast gänzlich verschwinden.

Es scheint indessen, sowohl durch Theorie als durch Erfahrung, dafs die Schallgeschwindigkeit unabhängig ist vom Barometerstand; allein, wenn man auch diefs Gesetz annimmt, so könnte man doch glauben, dafs die Fortpflanzung einer aufsteigenden Schallwelle in ihrer Geschwindigkeit modificirt werde durch den Uebergang in eine immer lockerere Luft, und dafs eine umgekehrte Abänderung bei der niedersteigenden Welle stattfinde. Man würde dann zwischen der Geschwindigkeit des Gehens und Kommens constante Unterschiede wahrnehmen, allein der Unterschied 0",15 zwischen den beiden Zeiten ist ein solches Minimum, dafs es dieser, übrigens auch nicht durch die Theorie begründeten Ansicht gänzlich widerspricht.

Wie dem auch sey, und selbst wenn die Dichtigkeitsveränderung des durchlaufenen Mittels die Schallgeschwindigkeit modificiren würde, genügte es, zur Elimination dieses Einflusses das arithmetische Mittel aus den Fortpflanzungszeiten des auf- und absteigenden Schalls zu nehmen. Man findet diese Mittel in der vierten Spalte der letzten Tafel.

Um den Einflufs der Temperatur in Rechnung zu ziehen, haben wir angenommen, dafs dieses Element vom Niveau des Brienzer See's bis zur oberen, 2119 Meter darüber liegenden Station regelmäfsig abnehme. Sey t die so erhaltene Mitteltemperatur: die Reduction auf 0° geschieht dann, indem man die beobachtete Dauer mit $\sqrt{1+0{,}00366 . t}$ multiplicirt. Um endlich die Feuchtigkeit der Luft in Rechnung zu ziehen, mufs man die Zei-

ten durch $\sqrt{1-0{,}38\,K}$ dividiren; der Coëfficient 0,38 bezeichnet den Dichtigkeitsunterschied zwischen trockner Luft und Wasserdampf.

Die letzte Spalte der obigen Tafel zeigt, dafs die Resultate der einzelnen Abende bis auf 0,1 Secunde mit einander übereinstimmen. Die Unterschiede lassen sich erklären entweder durch Mangel an Gleichzeitigkeit der wechselseitigen Schüsse, oder durch eine weniger regelmäfsige Temperatur-Abnahme, als die angenommene; sie überschreiten übrigens nicht die Fehler, die man bei dieser Art von Beobachtungen erwarten kann.

Combinirt man die mit der Entfernung $9650^{m},7$ erhaltenen mittleren Zeiten, so findet man für die Schallgeschwindigkeit in der Luft pro Secunde die Zahlen, die in der letzten Zeile der vorstehenden Tafel enthalten sind. Wir machen bemerklich, dafs das Endresultat $332^{m},37$ nur wenig von dem der HH. Moll und v. Beek abweicht, denn deren Versuche geben, mit Anwendung des Coëfficienten 0,0366, eine Geschwindigkeit von 332,25 Meter pro Secunde.

Endlich stellt sich noch eine Frage ein. Kann bei Wahrnehmung der Dauer durch den Beobachter selbst eine constante Fehlerquelle hinzutreten? Es scheint zuvörderst, dafs die Person, welche beim Erblicken des Blitzes den Sperrhaken zu spät niederdrückte, sich auch beim Hören des Schalls um dieselbe Gröfse verspäten müfste. Allein dieser Schlufs wird voreilig erscheinen, wenn man bedenkt, dafs das in Anspruch genommene Organ in beiden Fällen nicht dasselbe ist; diefs macht die Existenz *persönlicher Gleichungen* möglich. Um diesen Verdacht zu prüfen, haben wir die gleichzeitigen Schätzungen von A. Bravais und Martins verglichen, in jedem der 16 Paare, welche diese Schätzungen unter sich bilden. Bei diesem letzten Beobachter überstieg die Mitteldauer des Intervalls um 0,10 Secunde das von seinem Begleiter erhaltene Mittel, und wenn man annimmt,

dafs die halbe Summe der beiden Zeiten die wahre Dauer des Intervalles sey, so gehen daraus persönliche Gleichungen = ±0",05 hervor. Ein Fehler gleicher Ordnung steht also in der vom dritten Beobachter an der unteren Station gemachten Messung der Dauer zu befürchten.

Wie dem auch sey, das Endresultat unserer Versuche wird seyn: dafs auf- und absteigende Schalle in trockner Luft und bei 0° eine Geschwindigkeit = 332,4 Meter in der Secunde besitzen.

Zusatz. Wir geben hier die Elemente und Hauptdetails der Rechnung, welche uns die Länge des bei unseren Versuchen vom Schall durchlaufenen Weges kennen lehrte.

Berechnung der horizontalen Entfernungen.

Die Seite zwischen Faulhorn-Gipfel und Brienz (Kirche) läfst sich mittelst des Dreiecks Faulhorn-Tannhorn-Brienz (Kirche) berechnen; bekannt darin sind [1]):

Winkel am Tannhorn . . . . 49° 16′ 0″,8,
Seite Faulhorn-Tannhorn . . . . 34429,5 Par. F.,
Seite Brienz-Tannhorn . . . . 11197,6 do.
Daraus: Seite Faulhorn-Brienz . . = 9231^m,6.

Dieselbe Seite ergiebt sich aus dem Dreieck Faulhorn-Rothhorn-Brienz, worin bekannt sind [2]):

Winkel am Rothhorn . . . . 11° 8′ 15″,1,
Seite Faulhorn-Rothhorn . . . . 40022,5 Par. F.,
Seite Brienz-Rothhorn . . . . 11923,5 do.
Daraus: Seite Faulhorn-Brienz . . = 9231^m,0,
Mittel beider Resultate . . . . = 9231^m,3.

Im Dreieck Faulhorn (Gipfel)-Brienz (Kirche)-Tracht (Belvedere) kennt man die eben berechnete Seite Faulhorn-Brienz und die folgenden, von uns mit einem Theodolith gemessenen Winkel:

1) und 2) Diese Elemente ergeben sich aus den Dreiecken No. 16 und No. 366 des Registers der Triangulation des Kanton Bern vom Ingenieur Wagner. Das Register befindet sich in den Archiven der Stadt Bern.

Winkel am Faulhorn . . . . 7° 1′ 15″,
Winkel bei Tracht . . . . . 74° 28′ 0″.

Daraus ergiebt sich der dritte Winkel; der sphärische Ueberschufs, weniger eine Secunde, kann vernachlässigt werden. Man findet dann:

Seite Faulhorn-Tracht = 9475^{m},7.

Das Belvedere zu Tracht ist die Station der *Wahrnehmung* des herabsteigenden Schalls.

Die obere Schiefs-Station fiel nicht genau mit dem Gipfel des Faulhorns zusammen; der Abstand davon betrug 24^{m},1. Mit den beiden Seiten 9475^{m},7 und 24^{m},1, und dem eingeschlossenen Winkel 24°,23, der direct mit dem Theodolithen gemessen wurde, findet man:

Seite Faulhorn (Kanone)-Tracht (Belvedere) = 9458^{mm},0.

Diefs ist die *horizontale* Entfernung, welche der herabsteigende Schall durchlief.

Mit einer auf ebenem Boden gemessenen Basis von 45^{m},9, die einerseits an der Kanone bei Tracht und andererseits an einem Hülfspunkt endete, mit den am Theodolith gemessenen Winkeln an der Basis 81° 49′ 50″ und 69° 57′ 35″, fand man für die diesem letztern Winkel gegenüberliegende Seite:

Seite Tracht (Kanone)-Tracht (Belvedere) = 91^{m},22.

Mit den beiden Seiten 9475^{m},7 und 91^{m},22, mit dem eingeschlossenen Winkel (gemessen am Theodolith) 20° 31′, dessen Scheitel im Belvedere zu Tracht liegt [1]), fanden wir

Faulhorn (Gipfel)-Tracht (Kanone) = 9390^{mm},31.

Die Hör-Station auf dem Faulhorn endlich, war 5 Meter vom Gipfel entfernt, in einer Richtung, die 50° abwich von der, in welcher der auf dem Gipfel befindliche Beobachter nach der Kanone zu Tracht visirte. Man schlofs daraus:

Horizontale Entfernung, aufsteigender Schall = 9387^{m},1.

1) Der Winkel, dessen Scheitel an der Kanone zu Tracht liegt, gab, direct gemessen, 159° 16′.

Berechnung der verticalen Entfernungen.

Der Gipfel des Faulhorn liegt 2683^{m},0 über dem Meere und der Brienzer See (dessen Spiegel zur Sommerszeit kaum um 0^{m},5 schwankt) 563^{m},9 (siehe: *Ergebnisse der trigonometrischen Vermessungen in der Schweiz*). Der Unterschied 2119^{m},1 wäre der lothrechte Abstand der beiden Stationen, wenn sie genau in jenen Höhen lägen, allein die untere Station lag über dem See, und die obere unter dem Gipfel des Berges. Daher denn die folgenden subtractiven Correctionen.

Aufsteigender Schall. Die Kanone zu Tracht stand 1^{m},2 über dem Spiegel des Sees; die Beobachter auf dem Faulhorn befanden sich 1^{m},5 unter dem Gipfel. Daraus:

Lothrechter Weg des aufsteigenden Schalls 2116^{m},4.

Absteigender Schall. Das kleine Hülfsdreieck zwischen Tracht (Belvedere), Tracht (Kanone) und dem schon erwähnten Hülfspunkt, ein Dreieck, an den Enden von dessen Basis die Höhenwinkel des Belvedere von Tracht gemessen wurden, lehrte, dafs die untere Hör-Station (Belvedere zu Tracht) 74^{m},1 über dem Spiegel des See's lag. Die Kanone auf dem Faulhorn stand 3^{m},5 unter dem Gipfel. Man hat also:

Lothrechter Weg des absteigenden Schalls 2041^{m},5.

Berechnung der schiefen Entfernungen.

Aufsteigender Schall. Mit den beiden Componenten des Weges, nämlich 9387^{m},1 und 2116^{m},4, dabei die Krümmung der Erde und den die beiden Verticalen trennenden Bogen 0° 5′ 4″ in Rechnung gezogen, erhalten wir:

Aufsteigender Schall, schiefer Weg . . . . . 9624^{m},2.

Absteigender Schall. Mit den beiden Componenten 9458^{m},0 und 2041^{m},5, dabei die Krümmung der Erde und den die beiden Verticalen trennenden Bogen 0° 5′ 6″ in Rechnung genommen, finden wir:

Absteigender Schall, schiefer Weg . . . . . 9677^{m},3.

III. *Untersuchungen über die Beschaffenheit der stehenden Wellen; von Hrn. N. Savart.*

(*Ann. de chim. et de phys., Ser. III, T. XIV, p.* 385.)

Wenn Schallwellen von einem in Schwingung versetzten Körper ausgehen und eine ebene Fläche treffen, so bringen sie ein System von Luftwellen hervor, die keine Fortbewegung zu haben scheinen, und Knoten und Bäuche erkennen lassen, deren feste Stellung leicht durch Beobachtung aufgefunden werden kann.

Nachdem ich diese Thatsache in einer früheren Abhandlung festgestellt [1]), habe ich die Besonderheiten studirt, welche sie längs der Reflexionsaxe zeigt, d. h. längs der Geraden, welche, durch den Mittelpunkt des schwingenden Körpers gehend, winkelrecht ist auf der reflectirenden Wand. Dabei habe ich gefunden, dafs der Abstand zwischen zwei benachbarten Knoten, genommen auf dieser Axe, beinahe gleich ist der Länge einer directen Welle, berechnet aus dem Mittel der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls und der Anzahl der vom tönenden Körper in der Zeiteinheit ausgeführten Schwingungen. Nur allein die erste feste Welle, zwischen der Wand und dem ihr zunächst liegenden Knoten, zeigte eine Ausnahme von diesem Gesetz, indem ich sie bei meinen Versuchen kleiner fand als eine Wellenlänge.

Gegenwärtig beabsichtige ich die Molecularbewegungen zu studiren, die in der Flüssigkeit die Gestalt und Gröfse der stehenden Wellen bedingen. Diese Arbeit erfordert, dafs ich zu entdecken suche, ob nicht die in der Länge der ersten Welle beobachtete Verkürzung eine Anomalie sey, von der man die Erscheinungen befreien könne; und da ich zur Bestimmung der verschiedenen

1) *Compt. rend., T. VII, p.* 1068 (Ann. Bd. 46, S. 458.).

Punkte der Wellen, nur das Gehörorgan benutzt habe, sehe ich mich auch genöthigt zuvor festzustellen, welche Lage einer dieser Punkte in Bezug auf das Gehörorgan besitzt, wenn der Beobachter die Empfindung verspürt, welche ihm das Daseyn des nämlichen Punktes anzeigt.

1. Mitten in einer Ebene, die von allen der Schallreflection fähigen Gegenständen entblöfst ist, errichte man eine ebene und lothrechte Wand, und stelle vor derselben, in 15 bis 20 Meter Abstand, einen Körper auf, der, in Schwingung versetzt, einen anhaltenden Ton von unveränderter Stärke giebt.

Zwischen die Wand und den tönenden Körper stelle sich ein Beobachter dergestalt, dafs die Gerade, welche durch seine beiden Gehörgänge geht, mit der Reflexionsaxe zusammenfalle. In dieser Stellung verstopfe er das gegen den Ursprung der Schallwellen gerichtete Ohr (es sey diefs das rechte), und suche dann mit dem offen gelassenen linken Ohr einen Punkt, wo die Intensität des Tones Null ist. Sobald dieser Punkt gefunden worden, bezeichne man mittelst Merkzeichen die Lage, welche der Kopf des Beobachters einnimmt.

Hierauf verstopfe derselbe das gegen die Wand gerichtete Ohr, d. h. in der gemachten Voraussetzung das linke, und suche mit dem jetzt offenen rechten Ohr den Ort, wo er die Empfindung bekommt, die ihm das Daseyn des schon in der vorherigen Operation gefundenen Knotens anzeigt. Mittelst Merkzeichen bezeichne man auch jetzt die Lage des Kopfes.

Es ist klar, dafs wenn das Hören in irgend einem Theile des Ohrs, z. B. im Labyrinthe, geschieht, wie ich es in meiner ersten Abhandlung über die Schallreflexion angenommen habe, der Kopf des Beobachters sich beim Uebergange von dem ersten Verfahren zum zweiten um eine Gröfse verschieben mufs, die gleich ist dem gegenseitigen Abstande beider Labyrinthe, d. h. etwa einem Decimeter.

Allein was geschieht, wenn man den Abstand der beiden successiv vom Kopfe eingenommenen Orte mifst? Man findet diesen Abstand absolut gleich Null; und in der That, ohne dafs man irgendwie die Lage des Kopfes ändert, verbleibt die Empfindung des Knotens, was für eins der beiden Ohren man auch zur Wahrnehmung anwenden möge.

Aus dieser Thatsache geht hervor, dafs der Ton von keinem der Theile unseres Gehör-Apparats vernommen wird, vielmehr dafs, da diese, als doppelt, symmetrisch zu beiden Seiten der Mittelebene des Kopfes liegen, in dieser Mittelebene selbst der Sitz des Gehörs seyn mufs.

Es folgt auch, dafs man nicht gezwungen ist, blofs ein einziges Ohr anzuwenden, sondern dafs man, um die Lage der bemerkenswerthen Punkte der Wellen aufzufinden, beide Ohren offen lassen kann. Diefs verdient sogar den Vorzug, sobald man in dieser Gattung von Beobachtungen hinlänglich geübt ist.

Bei dem eben beschriebenen Versuche kann man, statt des Knotens, die Mitte eines Bauches oder irgend einen andern Punkt der Welle nehmen: immer bekommt man, wenn man seine Stellung nicht ändert, successiv in jedem der beiden Ohren die Empfindung eines Tons von gleicher Stärke. Diese beiden Töne gehören offenbar einem und demselben Punkte an, weil in einer (stehenden *P.*) Welle die Intensität des Tons, wie wir gefunden haben, von einem Punkte zum andern verschieden ist.

Wenn man mittelst Wülsten aus sehr dickem Stoff, die man an das Profil des Kopfes anbringt, das Hindernifs, welches dieser Theil des Körpers den directen wie den reflectirten Schallstrahlen in den Weg legt, bedeutend vergröfsert, und nun die Lage eines Knoten oder irgend eines andern Punkts aufsucht, so findet man sie genau eben so wie zuvor ohne diese Vergröfserung des Hindernisses.

Für den Fall also, dafs die Gerade, welche durch

die beiden Gehörgänge geht, mit der Reflexionsaxe zusammenfällt, ist es erwiesen, dafs der Punkt, dessen Daseyn durch die Gehör-Empfindung angezeigt wird, in der Mittelebene des Kopfes liegt.

2. Ich hatte, wie oben erwähnt, in der früheren Arbeit vorausgesetzt, dafs das Hören in dem Labyrinthe des offen gelassenen und gegen die reflectirende Wand gerichteten Ohrs geschehe. Da nun der vorstehende Versuch den Ort der Tonempfindung in die Mittelebene des Kopfs versetzt, so bedürfen die Zahlen, welche ich für die Abstände der Wand von den Knoten und Bäuchen der stehenden Wellen gegeben habe, nothwendig einer Berichtigung, und diese Berichtigung besteht darin, dafs man zu jedem der Abstände den des Labyrinths von der Mittelebene des Kopfes hinzufügt.

Ich mafs an dem Beobachter die Breite des Kopfes, und da ich sie = 154 Millim. fand, wovon die Hälfte 77 Millim., so zog ich von dieser halben Breite die für das Labyrinth angenommene Tiefe 27 Millim. ab, und nahm den Unterschied, also 50 Millim., für den Abstand des Labyrinths von der Mittelebene des Kopfes. Man hat also, um den wahren Ort der Knoten und Bäuche zu erhalten, 50 Millim. zu den von mir angegebenen Abständen hinzuzufügen. Es ist klar, dafs diese Addition, indem sie alle Knoten um eine gleiche Gröfse verschiebt, die Folge hat, dafs sie die erste Welle gröfser macht, ohne die folgenden zu verändern. Es könnte also durch diese Vergröfserung die erste Welle allen folgenden gleich werden, und diefs ist es, was wir prüfen wollen.

Die Beobachtungen mit einer Glocke (*timbre*), die den Ton $c_{,}^{\#}$ gab [1]), hatten für die Länge der ersten

1) Nämlich $ut_3^{\#}$; ich wähle hier wieder aus dem früher (Annalen Bd. 65, S. 446) angegebenen Grunde statt der gewöhnlichen Bezeichnung $\bar{c}$, $\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{\bar{c}}}$ die den Druck nicht verunstaltende $c_{,}$, $c_{,,}$, $c_{,,,}$ u. s. w.

P.

Welle geliefert: $0^m,373$. Berichtigt man diese, indem man $0^m,050$ hinzufügt, so kommt:

Länge der ersten Welle	$0^m,423$
Länge der zweiten, direct gefunden . . .	$0\ ,627$
Die erste kleiner als die zweite	$0^m,204$.

Mit einer andern Glocke, die den Ton *a* gab, fand ich die erste Welle $= 0^m,258$. Vergröfsert um 0,050 hat man:

Länge der ersten Welle	$0^m,308$
Länge der zweiten, direct gefunden . . .	$0\ ,395$
Die erste kleiner als die zweite	$0^m,087$.

Man sieht, dafs, ungeachtet der an der Länge der ersten Welle angebrachten additiven Berichtigung, in den beiden so eben erwähnten Fällen ein bedeutender Unterschied zwischen ihr und der der zweiten Welle bleibt. Woher nun diese Ungleichheit? Diese Frage ist es, welche noch ganz zu lösen bleibt.

3. Man wird zunächst bemerken, dafs die Verkürzung nicht constant ist, weil sie im ersten Fall $0^m,204$ und in dem zweiten $0^m,087$ beträgt. Suchen wir also, welcher Umstand diefs bewirken konnte.

Die reflectirende Wand blieb dieselbe bei beiden Versuchen. Vielleicht war das ein Grund, weshalb ihr Einflufs, wenn sie einen hatte, verschieden war auf Wellen, die an sich verschiedene Längen besafsen. Allein ich habe mich versichert, dafs dieser Einflufs ganz Null ist; ich nahm nämlich als Wand successiv Körper von verschiedener Natur und Dicke, unter welchen ich nur folgende nennen will:

Eine sehr dicke Mauer; — eine Scheidewand von Backsteinen; — eine hölzerne Scheidewand; — eine Fensterscheibe; — ein im Rahmen ausgespannter Papierbogen; — ein Trommelfell, dessen Spannung verändert ward; — Wachstafft, über einen Rahmen gespannt; — Wachstafft, über die Mündung eines Gefäfses gespannt.

Diese Versuche gaben zu bemerken Anlafs, dafs der Klang des reflectirten Tons sich mit der Natur des re-

flectirenden Körpers verändert. So z. B. erkannte man sehr gut den dem Glase eigenthümlichen Ton, wenn die Wand aus einer Glasscheibe bestand; allein was die Länge der ersten Welle betrifft, so zeigte sich von einem Körper zum andern kein wahrnehmbarer Unterschied. In der Rolle, welche die Wand spielt, darf man also nicht hoffen, die Ursache der Erscheinung zu finden.

Eben so wenig liegt sie in der Art und Weise, wie die Reflexion geschieht; denn diese, nothwendig von der Länge der Wellen unabhängige Reflexionsweise würde Verkürzungen nach sich ziehen, die diesen Längen proportional wären. Allein diese Proportionalität existirt nicht. Denn bei dem ersten der beiden Versuche, deren Resultate oben angegeben wurden, sehen wir, dafs die Verkürzung, verglichen mit der Länge der Wellen, giebt: $\frac{0,204}{0,627}=0,33$, während bei dem zweiten das Verhältnifs der beiden entsprechenden Gröfsen ist $=\frac{0,087}{0,395}=0,22$.

Nach diesen fruchtlosen Versuchen haben wir nur noch einen Weg zu ergreifen: uns an den tönenden Körper zu wenden; weil er unter den Elementen des Versuchs das einzige ist, welches wir noch nicht untersucht haben.

Die folgende Tafel enthält die Resultate successiver Versuche mit fünf verschiedenen Glocken (*timbres*), die mit ihren Rändern in eine auf der reflectirenden Wand winkelrechte Ebene gestellt waren und durch einen parallel der Wand geführten Violinbogen gestrichen wurden. Da man den tiefsten Ton hervorrief, den sie geben konnten, so theilte sich ihre Oberfläche in vier Theile, von denen zwei im Sinn der Reflexionsaxe und zwei in darauf senkrechter Richtung vibrirten.

Nummer der Glocken.	Durchmesser der Glocken.	Länge der ersten Welle.	Länge der zweiten Welle.	Verkürzung der ersten Welle.
1	0^m,40	0^m,423	0^m,627	0^m,204
2	0 ,19	0 ,42	0 ,50	0 ,09
3	0 ,18	0 ,308	0 ,395	0 ,087
4	0 ,14	0 ,30	0 ,38	0 ,08
5	0 ,13	0 ,30	0 ,37	0 ,07

Bemerkung. Die Glocke No. 1 ist die, welche bei meinen früheren Versuchen den Ton $c_1^{\#}$ gab; die Glocke No. 3 ist die, welche den Ton a_1 gab.

Diese Resultate zeigen, dafs die Verkürzungen der ersten Welle zugleich mit den Durchmessern der Glokken abnehmen, und dafs sie beinahe den Hälften dieser Durchmesser gleich sind, was glauben läfst, dafs man die Verkürzungen fast Null machen würde, wenn man Glokken von einem sehr kleinen Durchmesser anwendete.

Allein fahren wir fort, den Einflufs des vibrirenden Körpers auf das uns beschäftigende Phänomen zu untersuchen. Statt den Rand der Glocke in eine auf der Wand winkelrechte Ebene zu stellen, wollen wir ihn in eine damit parallele Ebene bringen. Bei dieser Bedingung sind alle Ungleichheiten verschwunden, wie grofs auch der Durchmesser der angewandten Glocken seyn mag; es werden nicht nur die Wellen alle von gleicher Länge, sondern es stellen sich auch die Bäuche in die Mitte des Abstandes zweier benachbarten Knoten, was nicht der Fall ist, wenn die Glocke die frühere Stellung hat.

Dieser Unterschied in der Anordnung der Wellen, hervorgebracht durch eine blofse Aenderung in Richtung der Axe des tönenden Körpers, entspringt ohne Zweifel daraus, dafs die schwingenden Theile der Glocke, die im ersten Falle ungleich von der Wand entfernt waren, im zweiten einen gleichen Abstand von ihr hatten. Diese Eigenthümlichkeit scheint mir um so merkwürdiger zu seyn, als die mehr oder weniger grofse Entfernung des tönen-

den Körpers von der Wand, wir wir wissen, keinen Einfluſs hat auf die Stellung der Wellen.

Wir wollen hier nicht versuchen, diese Thatsache zu erklären; es genügt für den betrachteten Gegenstand zu wissen, durch welches Mittel man jede Complication aus dem Phänomen der festen Wellen entfernen könne. Die verschiedenen Verfahrungsarten, die zu diesem Zwecke führen, ergeben sich leicht aus dem eben Gesagten. Ich beschränke mich also darauf, den Apparat zu beschreiben, den ich bei allen noch zu erwähnenden Versuchen gebraucht habe.

Eine Zungenpfeife mit frei durchschlagender Zunge von sehr geringer Oberfläche wurde an einer der Oeffnungen einer gewöhnlichen Tonne befestigt. Die andere Oeffnung nahm die Düse eines Blasebalgs auf, welcher Luft in die als Windkasten dienende Tonne bringen sollte. Durch diese äuſserst einfache Vorrichtung erhielt ich einen Ton von constanter Stärke, der, ohne einen Gehülfen zu erfordern, ohne Geschicklichkeit und Ermüdung, so lange als es die Beobachtungen verlangten, unterhalten werden konnte.

4. Bisher haben wir unsere Aufmerksamkeit auf die Eigenthümlichkeiten gerichtet, die sich längs der Reflexionsaxe wahrnehmen lassen. Untersuchen wir jetzt, was auſserhalb dieser Axe vorgeht.

Zu dem Ende errichten wir in irgend einem Punkt der Wand eine auf ihr Winkelrechte und verfahren auf dieser neuen Geraden eben so wie früher auf der Axe, indem wir die verschiedenen Punkte bezeichnen, wo wir die Empfindung eines Knoten oder eines Bauches bekommen. Wir werden finden, daſs der erste Knoten um eine Wellenlänge, der zweite um zwei Wellenlängen, u. s. w. von der Wand absteht, daſs die Bäuche die Mitten der Wellen einnehmen; mit einem Wort, daſs zwischen den Erscheinungen auf dieser Geraden und den früher auf der Axe beobachteten eine Einerleiheit besteht. Da

nun der Vorgang in allen Winkelrechten auf der reflectirenden Ebene derselbe ist, so folgt, dafs die Knoten und Bäuche, deren Lage auf der Reflexionsaxe wir bestimmt hatten, nur besondere Punkte sind von Ebenen, deren sämmtliche übrige Punkte dieselben Eigenschaften besitzen.

Allein diese Flächen, die uns vor einer Wand von nothwendig beschränkter Ausdehnung als eben erscheinen, würden sie nicht mehr oder weniger gekrümmt seyn, wenn die reflectirende Ebene nach allen Seiten unbegränzt wäre? Es war wichtig, hierüber keinen Zweifel zu lassen, und deshalb verfuhr ich folgendergestalt:

Als reflectirende Ebene nahm ich die horizontale und unbegränzte Fläche des Bodens. Der den Ton erzeugende Apparat wurde auf ein Gestell von 3 bis 4 Meter Höhe gebracht: Bei dieser Einrichtung war die Reflexionsaxe lothrecht, und ich konnte mich von ihr beliebig entfernen. Und siehe da: in welchen Abstand man sich stellte, wie schief also auch die Schallstrahlen gegen die reflectirende Ebene seyn mochten, so fand man doch die Knoten und Bäuche auf jeglicher Lothrechten eben so vertheilt, als sie es auf der Reflexionsebene sind.

Wenn mithin ein schwingender Körper von so kleinen Dimensionen, dafs man alle von ihm abgesandten Wellen als von einem einzigen Punkt ausgehend betrachten kann, sich einer ebenen Fläche gegenüber befindet, so bildet er vor dieser Fläche eine Reihe von Knotenebenen, welche letzterer parallel sind. Diese verschiedenen Ebenen und die Fläche sind um eine Wellenlänge von einander entfernt, und mitten in dem Raume zwischen zwei benachbarten Ebenen befinden sich die Punkte, wo die Intensität des Tons auf ihrem Maximum ist.

5. Unter den vorstehenden Thatsachen bemerken wir: 1) dafs die Stellung des tönenden Körpers in Bezug auf die Wand ohne Einflufs ist auf den Ort der Knotenflächen; 2) dafs die Knotenflächen Ebenen dar-

stellen, die der Wand in ihrer ganzen Erstreckung parallel sind; 3) dafs der reflectirte Ton in seinem Klange verschieden ist nach der Natur des reflectirenden Körpers.

Diese drei Umstände zusammengefafst lassen glauben, dafs die stehenden Wellen ihre unmittelbare Ursache in den Schwingungen der Wand haben, und dafs die von der ursprünglichen Schallquelle herkommenden Wellen nur in so fern zu der Erscheinung mitwirken, als sie der Wand die Schwingungsbewegung einprägen.

Ist diese Vermuthung gegründet, entspringen die stehenden Wellen aus Schwingungen der secundär erschütterten Wand, so müssen wir hinter dieser Wand ein anderes Wellensystem antreffen; denn bei einem starren Körper von geringer Dicke kann eine der Seiten nicht in Schwingung gerathen, ohne dafs nicht der ganze Körper Theil nimmt an derselben Bewegung, und ohne dafs er sie nicht den mit ihm in Berührung stehenden Körpern mittheilt.

Die Anwesenheit dieses zweiten Wellensystems ist nun aber durchaus nicht zweifelhaft. Stellt sich nämlich der Beobachter hinter die Wand, dergestalt, dafs die Mittellinie seines Kopfes immer dieser Wand parallel bleibt, so findet er, wenn er sich stufenweis entfernt, oder nähert, dafs die Tonstärke in Strecken von einer halben Wellenlänge wächst oder abnimmt, dafs die Knoten und Bäuche in parallelen Ebenen liegen, mit einem Wort, dafs zwischen den beiden Systemen fester Wellen eine vollkommene Symmetrie vorhanden ist. In beiden Fällen müssen die Abstände der verschiedenen Punkte von der nächsten Seite der Wand gemessen werden.

Es ist also erwiesen, dafs der reflectirende Körper secundär erschüttert wird, und dafs die festen Wellen eine Folge des Schwingungszustandes dieses Körpers sind.

6. In den Punkten, welche die Mitte der Strecke zwischen zwei Knotenebenen einnehmen, und dem Maxi-

mum der Tonstärke angehören, müssen begreiflicherweise die Theilchen des Fluidums eine auf diesen Ebenen senkrechte Vibrationsbewegung besitzen. Diefs wird, wie wir sehen werden, von der Erfahrung bestätigt.

In einer Abhandlung über die Zurückwerfung und Beugung des Schalls (Poggendorff's Annalen, Bd. 59, S. 177) hat Hr. Seebeck die Orte der Knoten und Bäuche stehender Wellen mittelst eines sehr sinnreichen Verfahrens bestimmt. Der berühmte deutsche Physiker hat bei seinen Versuchen das Gehörorgan ersetzt durch eine über einen Holzrahmen gespannte Membran aus Goldschlägerhäutchen (*peau très-fixe de cygne*) oder Kautschuck. Da er diese Membran in lothrechter Stellung gebrauchen wollte, und sie also nicht mit Sand bestreuen konnte, so hing er parallel ihrer Fläche ein kleines Pendel auf. Diefs war gebildet aus einem einfachen Coconfaden, an dessen einem Ende ein Stückchen Siegellack von der Gröfse eines Stecknadelknopfes befestigt war, während das andere Ende an dem Rahmen der Membran safs, solchergestalt, dafs, wenn diese senkrecht war, das kleine Pendel ihrer Mitte entsprach.

Hr. Seebeck brachte eins dieser Instrumente in eine parallele Ebene mit einer lothrechten Wand, und beobachtete, als er den Abstand der Membran von der Wand veränderte, dafs das Pendel in Ruhe blieb oder die Lage eines Knoten anzeigte, wenn die Membran sich in Abständen gleich 1, 2, 3, ... Wellenlängen befand; dafs das Pendel dagegen sich in dem Maafse stärker bewegte, als es sich von diesen Punkten entfernte, und dafs seine Ablenkungen das Maximum der Amplitude erreichten, also die Mitte von Bäuchen anzeigten, wenn die Abstände $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$ ... Wellenlängen betrugen.

Diese Resultate stimmen vollkommen mit denen überein, die man mit alleiniger Hülfe des Gehörorgans bekommt; sie zeigen, dafs an den Punkten, wo die Bäuche sind, die Schwingungen der Flüssigkeitstheilchen rechtwink-

winklich gegen die Membran und folglich auch gegen die Knotenebenen geschehen.

Wir machen bemerklich, dafs die Membran sich nicht nothwendig in der Reflexionsaxe zu befinden braucht, sondern dafs der Versuch auch für jede andere, willkührlich vor oder hinter der Wand genommene Lage gelingt. Man kann dazu auch horizontale, mit Sand bestreute Membranen anwenden, wenn man sich des Bodens als reflectirenden Körpers bedient.

7. Bisher stellten wir, wenn es sich darum handelte mit dem Ohre zu beobachten, die Mittelebene des Kopfes parallel mit der Wand, und, wie wir wissen, ist dann die Lage des beobachteten Punktes durch die jener Ebene gegeben. Es ist diefs nicht das einzige Verfahren, welches man anwenden kann. Nichts hindert z. B. die Mittelebene winkelrecht gegen die Wand zu stellen; auch in dieser Stellung kann das Gehörorgan zur Nachweisung des Daseyns der festen Wellen dienen. In der That findet man, wenn man längs einer auf der reflectirenden Ebene Normalen fortgeht, dafs die Intensität des Tons von einem Punkt zum andern variirt, dafs es Knoten und Bäuche giebt. Allein welche Beziehung herrscht dann zwischen der Lage des beobachteten Punkts und der des Gehörorgans im Moment, da man die Empfindung bekommt, welche das Dasein dieses Punktes anzeigt?

Um diese Frage zu beantworten, werden wir unsere Zuflucht zu einem ähnlichen Verfahren nehmen, wie wir uns schon in einem sehr ähnlichen Falle bedienten.

Der Beobachter kann, ohne dafs die Mittelebene aufhört winkelrecht gegen die Wand zu seyn, seinen Kopf in ganz verschiedene Lagen gegen diese bringen. In der einen wendet er das Gesicht zur Wand, in der andern den Hinterkopf, in einer dritten den Scheitel des Kopfes u. s. w. Bezeichnet man nun jedesmal durch Merkzeichen den von den Gehörgängen eingenommenen Ort, wenn durch die Empfindung das Daseyn einer sel-

ben Knotenebene angezeigt wird, so findet man, dafs alle diese Merkzeichen in gleicher Entfernung von der Wand liegen. Wenn also die Mittelebene des Kopfes winkelrecht auf der reflectirenden Ebene ist, liegt der beobachtete Punkt auf der Geraden, welche durch die Gehörgänge geht.

8. Wir haben also zwei Mittel, vermöge des Ohrs die Lage der zu den festen Wellen gehörigen Punkte zu bestimmen. Die Mittelebene des Kopfes kann parallel oder winkelrecht zur Wand gestellt werden, und in beiden Fällen befindet sich der beobachtete Punkt im Durchschnitt der Mittelebene und der Geraden, welche durch die beiden Gehörgänge geht.

Wendet man folgweise diese beiden Mittel zur Aufsuchung der Knoten und Bäuche eines Wellensystems an, so erhält man folgende Resultate:

Beim Parallelismus der Mittelebene und Wand findet man, wie wir schon sehen,

die Knoten bei 1, 2, 3 ... }
die Bäuche bei $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$ ... } Wellenlängen von der Wand ab.

Bei Rechtwinklichkeit zwischen Mittelebene und Wand:

die Knoten bei $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$ ... }
die Bäuche bei 1, 2, 3 ... } Wellenlängen von der Wand ab.

Der Vergleich dieser Resultate zeigt, dafs die Vertheilung der Knoten und Bäuche variirt mit der Lage, welche man der Mittelebene giebt. Wenn man bei der ersten Lage in einem gegebenen Punkt das Daseyn eines Knoten erkennt, so findet man bei der zweiten an demselben Punkt die Mitte eines Bauches. Umgekehrt, wenn man durch das erste Mittel die Mitte eines Bauches erhält, so entdeckt man durch das zweite die Gegenwart eines Knotens.

Dieser Gegensatz in den Resultaten beider Beobachtungsweisen ist sehr merkwürdig und daher wichtig, dafs wir die Ursache kennen zu lernen suchen.

Stellen wir die Mittelebene parallel der Wand und suchen einen der Punkte, wo die Tonstärke ihr Maximum hat; diefs wird die Mitte eines Bauches seyn, und, wie wir wissen, ist daselbst die Richtung der Schwingungsbewegung winkelrecht auf den Knotenflächen, folglich auch winkelrecht auf der Mittelebene. Wenn wir nun, ohne diesen Punkt zu verlassen, die Lage der Mittelebene ändern und sie winkelrecht gegen die Wand stellen, so wird die Richtung der Molecularbewegung, die offenbar nicht geändert ist, der Mittelebene parallel seyn. In dieser Lage aber finden wir einen Knoten, vernehmen keinen Ton, und dennoch sind die schwingenden Theilchen auf dem Maximo ihrer Amplitude. Es müssen also die Theilchen, welche parallel der Mittelebene schwingen, keine Wirkung auf unser Gehörorgan ausüben.

Diese, wie uns scheint, rechtmäfsige Folgerung erlaubt eine Beziehung aufzustellen zwischen der Richtung der Schwingungsbewegung und der Natur der Eindrücke, die sie in gewissen Fällen auf unser Organ hervorbringen. Die Knoten-Empfindung zeigt also an, dafs die Bewegung im winkelrechten Sinn gegen die Mittelebene Null ist, und dafs, wenn überhaupt eine Bewegung in diesem Punkt vorhanden ist, sie nur longitudinal gegen jene Ebene seyn kann. Das Daseyn eines Bauches wird anzeigen, dafs die Schwingungsbewegung strenge winkelrecht gegen die Mittelebene ist, wenn man in dem beobachteten Punkte für alle Lagen der Mittelebene, die auf ihrer früheren winkelrecht sind, die Empfindung eines Knoten bekommt.

9. Die Anwendung dieser Angaben auf die Resultate der verschiedenen Beobachtungen, welche wir mit dem Gehörorgan gemacht und in dieser Arbeit mitgetheilt haben, liefert folgende Begriffe über die in den festen Wellen vorhandenen Molecularbewegungen. Wir stel-

len sie in einer einzigen Tafel zusammen, damit man die Gesammtheit derselben leicht überblicken könne.

Kürze halber und zugleich, um uns der in der Akustik angenommenen Ausdrücke zu bedienen, werden wir *longitudinal* diejenigen Bewegungen nennen, die im Sinn der Fortpflanzung, winkelrecht gegen die Wand, geschehen, und folglich *transversal* die, deren Richtung der Wand parallel ist. Der Buchstabe d bezeichnet ein unbestimmtes und veränderliches Stück einer halben Wellenlänge.

Abstand d. beobacht. Punkte von d. Wand in Wellenlängen.	Stärke des wahrgenommenen Tons. Mittelebene gegen die Wand		Schwingungsweite	
	parallel.	winkelrecht.	longitudinal.	transversal.
$d, 1+d, 2+d$	Zu- oder abnehmend, je nachdem d zu- od. abnimmt.	Ab- oder zunehmend, je nachdem d zu- od. abnimmt.	Desto gröſser, je gröſser d.	Desto kleiner, je gröſser d.
$\frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2} \ldots$	Maximum.	Null.	Maximum.	Null.
$\frac{1}{2}+d, \frac{3}{2}+d, \frac{5}{2}+d, \ldots$	Ab- oder zunehmend, je nachdem d zu- od. abnimmt.	Zu- oder abnehmend, je nachdem d zu- od. abnimmt.	Desto kleiner, je gröſser d.	Desto gröſser, je gröſser d.
1, 2, 3 ...	Null.	Maximum.	Null.	Maximum.

Beachtet man den Umstand, daſs eine in dem reflectirenden Körper erregte Schwingungsbewegung Luftwellen von fester Lage hervorbringen kann, so wird man zu der Frage geführt, ob nicht ein direct erschütterter Körper ebenfalls Wellen von dieser Natur zu erzeugen vermöge. Ich beabsichtige diese Frage in einer künftigen Arbeit zu behandeln.

IV. *Ueber den Ausfluſs der tropfbaren Flüssigkeiten durch kleine Oeffnungen im Boden der Gefäſse; von Parrot, Vater.*

Herr Dr. O. v. Feilitzsch hat die alte Frage von der Erklärung des Fundamental-Phänomens der Hydrodynamik in den Annalen der Physik und Chemie 1844, No. 9 und 10, wieder zur Sprache gebracht und, nach Anführung der Haupt-Arbeiten über dieses wichtige Thema, eine neue Theorie davon zu liefern versucht.

Wie alle seine Vorgänger betrachtet Hr. v. Feilitzsch die tropfbaren Flüssigkeiten als bloſs flüssige Massen ohne *Elasticität*, indem er zwar ihnen die Elasticität nicht ganz abspricht, aber sie als unbedeutend und als auf das Phänomen des Ausflusses gar nicht einwirkend ansieht. In diesem Punkte stimmt derselbe mit allen den von ihm angeführten Vorgängern ein. Meine Arbeit (im 1sten Bande meiner theoret. Physik, 1809, §. 527—542) war Hrn. v. F. wohl nicht bekannt [1]).

Es ist mein Zweck nicht, diese etwas dunkle Stelle in der Abhandlung des Hrn. v. F. besonders zu commentiren, auch nicht die Theorie des Verfassers besonders zu beleuchten, sondern die Unrichtigkeit aller bisherigen Theorien, von Newton's Cataracte an, darzuthun, indem sie sämmtlich mit dem Fundamental-Fehler behaftet sind, die tropfbaren Flüssigkeiten als bloſs schwere und flüssige, und als unelastische Massen, zu betrachten. Daſs

1) Dieſs ist leicht erklärlich, da diese Arbeit in einem Grundrisse für Vorlesungen vorkommt, der vor 36 Jahren erschien. Ich hatte die paradoxe Idee, daſs die Compendien wohl Neues von dem Verfasser selbst enthalten dürften, dadurch mehr Werth erhalten, und so für länger als ein Paar Jahre diesen Werth behalten könnten. Dieser Fehler findet sich sehr oft in demselben Werke.

jeder dieser Autoren durch mehr oder minder richtige Rechnungen auf das Resultat der Experimente kommt, mehr oder minder genau, beweiset nur wie leicht der Mifsbrauch der edlen Rechnung in solchen Fällen ist, was ich namentlich an La Place's Theorie der Capillarität (s. Ueber Capillarität, eine Kritik der Theorie des Grafen La Place etc., von G. F. Parrot, Dorpat bei Fr. Meinshausen, 1819) streng nachgewiesen habe. Ich will jetzt beweisen 1) dafs die tropfbaren Flüssigkeiten, als blofs schwere und flüssige Massen, den Torricelli'schen Satz nicht erklären können. 2) Dafs die tropfbaren Flüssigkeiten die Eigenschaft der Elasticität, und zwar in einem sehr hohen Grade, besitzen. 3) Dafs diese Eigenschaft, mit der Schwere und Flüssigkeit verbunden, alle Phänomene des Ausflusses vollkommen erklärt.

I. Die Schwere allein, bei vorausgesetzter Flüssigkeit, kann die Phänomene des Ausflusses tropfbarer Flüssigkeiten nicht erklären.

Sogar der Grundsatz der Statik der Flüssigkeiten, dafs der Druck auf der Grundfläche eines Gefäfses durch das Product der Basis in die Höhe und das specifische Gewicht der Flüssigkeit ausgedrückt wird, läfst sich nicht aus der blofsen Schwere erklären. Denn:

Es seyn A, B, C (Fig. 8 Taf. I) drei oben offene, unten verschlossene, mit Wasser gefüllte Gefäfse. Es sey A ein Cylinder, die beiden andern Kegel. Für den Fall des cylindrischen Gefäfses ist der Satz in beiden Hypothesen richtig und klar; denn der Druck auf der Grundfläche läfst sich vollkommen aus dem Gewichte dieser Wassersäule, so wie auch aus ihrer Elasticität darstellen. Mit dem Gefäfse B hat es aber eine andere Bewandtnifs. Denn denken wir uns den Cylinder $abba$ von gleicher Grundfläche als der Boden, so leistet er schon allein durch sein Gewicht den ganzen Druck auf die Grund-

fläche, und es bleibt eine flüssige, conische, zoneartige Masse, welche durch die Dreiecke *acb* und *acb* angedeutet wird, und es fragt sich, welche Rolle sie in dem Phänomen des gleichen Drucks als der des Cylinders *A* spielt. Diese Masse ist schwer, wie die übrige; sie liegt auf schiefen Flächen und übt also eine verticale Kraft aus, die sich verhält zu ihrer ganzen Schwere wie *ab* : *ac*, da der senkrechte Druck auf der schiefen Fläche durch *bc* ausgedrückt wird. Was wird aus diesem verticalen Drucke *ba?* Er wird nicht durch die schiefe Ebene zerstört. Er soll aber auch nicht auf die Bodenfläche wirken. Ferner kann er, als unelastische Masse, keinen Seitendruck ausüben, um so weniger, da er durch die Wand des Gefäfses vernichtet würde. Wollte man endlich diese Masse als ein Aggregat von Keilen wie *acb* ansehen, welche längs den Wänden des Gefäfses zu fallen trachten, so müfste die Flüssigkeit *abba* über ihr ursprüngliches Niveau steigen und folglich einen erhöhten Druck auf die Grundfläche ausüben, abgerechnet, dafs eine solche partielle Erhöhung gegen den Begriff von Flüssigkeit streitet. Betrachten wir endlich das conische Gefäfs *C*, so haben wir im Vergleich mit dem Cylinder *A* einen Mangel an schwerer Masse, und dennoch einen eben so starken Bodendruck als in *A* und *B*. — Was wird hier aus dem Grundsatze, dem höchsten Axiom der Mechanik, dafs die Wirkungen den Ursachen proportional sind?

Wenn aber der Satz des gleichen Drucks bei gleicher Grundfläche und Höhe, und bei jeder Figur der Gefäfse, sich aus der Schwere allein nicht erklären läfst, wie wird es mit der Lehre des Ausflusses stehen? Wir wollen diese Frage lösen.

Wenn blofs schwere Massen, welche sich wechselseitig berühren, und die Eine *A* eine Bewegung in der Richtung beider Schwerpunkte erhält, so wird die Andere *B* keine gröfsere und keine kleinere Geschwindig-

keit erhalten können als die Masse A. Und wenn sie sich vor der Ertheilung der Bewegung an die Masse A nicht berührten, so wird die Masse B, sie sey gröfser oder kleiner als A, keine gröfsere Geschwindigkeit erhalten, als die Masse A nach dem Stofse behält, sondern beide werden sich nach dem Stofse fortan berühren und mit einer gemeinschaftlichen Geschwindigkeit bewegen, die durch $v \cdot \frac{A}{A+B}$ ausgedrückt wird, wenn v die Geschwindigkeit ist, welche A ursprünglich erhalten hatte. Sind aber die Massen elastisch, so entstehen die bekannten Phänomene nach den Gesetzen des Stofses elastischer Massen. Diese Sätze sind durch Versuche bestätigt und von allen Dynamikern anerkannt. Es kann also weder durch den Druck, noch durch den Stofs unelastischer Massen eine Acceleration erzeugt werden.

Aber schon Newton wufste durch directe Versuche, dafs in einem vollen Gefäfse, mit einer verhältnifsmäfsig kleinen Oeffnung im Boden, das Wasser mit der beiläufigen Geschwindigkeit $v = 0{,}7\sqrt{2gh}$ ausfliefst, dafs aber der Wasserspiegel nur mit der Geschwindigkeit $v \cdot \frac{d^2}{D^2}$ sinkt. Wir haben also hier eine Acceleration in der Bewegung. Woher aber kommt der Ueberschufs der Geschwindigkeit v über die Geschwindigkeit $v \cdot \frac{d^2}{D^2}$, wenn alle Bewegung von der Schwere herrühren soll? Gewifs nicht von der Flüssigkeit, da die Flüssigkeit keine Kraft ist; noch weniger von der Flächenanziehung, welche überall die Bewegung vermindert. Die Gase fliefsen schneller als die tropfbaren Flüssigkeiten, und unter diesen der Syrup langsamer als Wasser. Weder die Zerlegung der Kräfte, noch die Rechnung kann diese Schwierigkeit lösen. Nur Newton's Cataract könnte es, wenn die Versuche sich ihrer Annahme nicht widersetzten, weil in dieser Hypothese die Flüssigkeit nicht durch ihren Druck,

sondern durch den freien Fall zum Ausfliefsen gebracht und unterhalten wird.

II. Die Elasticität kommt den tropfbaren Flüssigkeiten in hohem Grade zu.

Die Dynamiker, indem sie die Elasticität aus den Phänomenen des Drucks und der Bewegung der Flüssigkeiten ausschlossen, scheinen diese Eigenschaft nicht gehörig gekannt zu haben. Früher läugnete man sie in den tropfbaren Flüssigkeiten, zugleich als man sie in den Gasen anerkannte. Heute erklärt man sie in jenen für unbedeutend und mit eben so grofsem Unrechte.

Da es hier nicht gilt eine Theorie der Elasticität überhaupt zu liefern, welche von mehreren Physikern mit grofsem Erfolge bearbeitet worden und noch bearbeitet wird, so beschränke ich mich auf folgende sehr einfache Betrachtung:

Wenn man eine Portion atmosphärischer Luft einem Drucke von 812 Atmosphären aussetzte, so würde sie nahezu die Dichtigkeit des Wassers haben, vorausgesetzt, dafs das Mariotte'sche Gesetz sich bis dahin bestätigte[1]). Würde man aber die Elasticität dieser Luftportion defshalb läugnen, oder für unbedeutend halten, weil eine sehr bedeutende Zulage an Druck nur eine sehr geringe Volumverminderung bewirken würde? Man mufs vielmehr diesen Elasticitätsgrad für sehr hoch halten, im Vergleich der andern Elasticitätsgrade, die wir kennen. Möge man diesen Widerstand des Wassers gleichviel welcher Ursache zuschreiben, so ist er da, und wir nennen ihn *Elasticität der tropfbaren Flüssigkeiten;* und er mufs

1) Die Pariser Academie hat es bis zum 27sten atmosphärischen Drucke bewährt gefunden. In meinen Versuchen wurde sie bis 70 solcher Drucke vollkommen bestätigt und mit einiger Ungewifsheit bis 100. S. in den *Mémoires de l'Académie de St. Petersbourg*, 6. *Série, T. II*, *Sciences mathém. et phys.* 1832, meine *Experiences de forte compression*, *p.* 615.

sich thätig zeigen, so oft wir ihn durch Vermehrung des Drucks oder durch Verminderung dazu auffordern.

Die Phänomene der Elasticität der starren Körper zeigen uns ganz analoge Resultate. Wie klein ist nicht die Abplattung im Contacte bei dem Stofse zweier elfenbeinernen Kugeln, oder bei dem Fall einer solchen Kugel auf eine sehr harte Fläche! Es sey z. B. eine solche Kugel von zwei Par. Zoll Durchmesser auf eine gehärtete Stahlplatte von einer Höhe von $1\frac{1}{2}$ Fufs gefallen, so zeigt sich ein Fleck, dessen Durchmesser etwa 1 Linie ausmacht, und es zeigt die Rechnung, dafs der Zurücktretungsraum 0,00036 oder etwa $\frac{1}{2777}$ Linie tief war. Und diese kleine Gröfse erscheint noch zu grofs; denn, da man den Durchmesser des Oelfleckens zum Maafse genommen hat, mufs man die Dicke der Oelschicht, die man aufgestrichen hat, noch in Betrachtung ziehen, welche den wahren Durchmesser des Abplattungskreises gröfser erscheinen läfst, indem das Oel durch den Stofs nach allen Richtungen auszutreten gezwungen wurde. Nach den Begriffen, wonach man die Elasticität des Wassers für ganz unbedeutend hält, würde die der elfenbeinernen Kugel auch höchst klein erscheinen, da man sie doch, nach den Versuchen auf der Percussionsmaschine, für bedeutend hält. Ich könnte mehrere Betrachtungen dieser Art anstellen. Allein es ist an diesen genug, um zu zeigen, dafs die Gröfse des Zurückdrängungsraums nicht zum Maafsstabe für die Gröfse der Elasticität, weder in den festen, noch in den flüssigen Körpern genommen werden kann, sondern *die Kraft, mit welcher der Körper in seinen vorigen Zustand zurückzutreten trachtet, verglichen mit derjenigen, welche angewandt werden mufste, um seinen natürlichen Zustand zu verändern.* Es sey also diese Kraft $= p$ und jene $= q$, so ist die Gröfse der Elasticität $=\frac{q}{p}$. Ist $q=p$, so ist die Elasticität vollkommen, das heifst im Maximo. Nach unsern

bisherigen Versuchen haben wir Ursache anzunehmen, dafs die Elasticität aller Flüssigkeiten in diesem Falle sey, mithin im höchsten Grade bedeutend, in den festen Körpern aber meist unvollkommen.

Vergleichen wir die Gase mit den tropfbaren Flüssigkeiten, so finden wir zwischen diesen zwei Gattungen von Substanzen zwei charakteristische Unterschiede. Der Eine uns in die Augen fallende ist, dafs die tropfbaren Flüssigkeiten eine viel gröfsere Adhäsion ihrer Theile unter einander haben, die Gase aber eine sehr geringe [1]), welches mit Ursache ist, dafs ihr Ausflufs mit bedeutend gröfserer Leichtigkeit stattfindet. Der zweite Unterschied ist, dafs die Gase, wie wir sie unter dem mittleren Druck der Erd-Atmosphäre besitzen, durch kleine Drucke eine sehr grofse Volumverminderung erleiden, die tropfbaren Flüssigkeiten hingegen durch sehr grofse Drucke nur sehr kleine. Wir werden weiterhin sehen, wie, ungeachtet dieser dem Volum nach sehr kleinen Veränderung, die Elasticität dieser Flüssigkeiten dennoch die Phänomene des Ausflusses nach den bekannten Gesetzen entstehen läfst.

Wenn man eine Sand-Uhr in ihrer Thätigkeit betrachtet, so zeigt sich bei dem ersten Blicke an der Oberfläche der Sandmasse, in der verticalen Richtung des Abflusses des Sandes, eine Vertiefung, die anfangs beinahe unmerklich ist, sich aber nach und nach zu einem Trich-

1) Diese Eigenschaft der Gase war lange unbekannt und sogar geläugnet. Man dachte sogar das Gegentheil der Adhäsion annehmen zu müssen, weil eine comprimirte Gasportion sich augenblicklich wieder ausdehnt, sobald die Compression aufhört. Mein Sohn (Friedrich), Professor in Dorpat, war der Erste, der, noch in seinen Studenten-Jahren, durch Versuche sie darstellte, indem er, mittelst des von ihm damals erfundenen Gasometers, Gase durch enge Mündungen unter beständig gleichem Drucke ausfliefsen liefs. Young hat, bald nachher, diese Eigenschaft der atmosphärischen Luft als die Gränze der Höhe der Erd-Atmosphäre anzeigend oder vielmehr bestimmend aufgestellt.

ter erweitert, völlig wie Newton seine Cataracte für den Ausflufs des Wassers sich dachte, aber in der That nicht ist. Dieser Ausflufs aber würde bald aufhören, wenn die Luft im untern Gefäfse (die durch die Sandmasse immer dichter werden müfste und elastischer), indefs die Luft im obern Gefäfse, immer verdünnt und minder elastisch, sich nicht zwischen den feinen Sandkörnern durcharbeiten könnte. Bedenkt man, dafs z. B. eine Stunde Zeit erfordert wird, um die kleine Sandmasse aus dem obern Glase in das untere fallen zu lassen, und dafs, vermöge dieser langen Zeit, der Widerstand, den die aus dem untern Glase in das obere dringende Luft dem Fallen des Sandes einen äufserst kleinen Widerstand entgegenstellt, so mufs man sich über diese lange Zeit wundern. Denkt man sich hingegen, dafs Wasser an Stelle des Sandes im obern Glase wäre, so würde es nicht eine Minute zum Abfliefsen brauchen, vorausgesetzt, dafs man im obern Boden des obern Glases und am Halse des untern ein kleines Loch angebracht hätte, um die äufsere Luft in's obere einzulassen und in dem untern auszulassen.

Aus dieser Vergleichung folgt, dafs der Sand nicht durch den Druck der obern Schichten ausgetrieben wird, wie es mit dem Wasser stattfindet, sondern dadurch herauskommt, dafs, wenn die erste Schicht in der Oeffnung frei herabgefallen ist, die nächste ihr, eben auch durch den freien Fall, folgt, indem sie die Stelle der ersten annimmt, und also alle diese Schichten nur mit einer Anfangsgeschwindigkeit herausfallen. Diese Ansicht wird durch folgende sehr auffallende Versuche bestätigt [1]).

Eine Röhre von verzinntem Blech, 20 Par. Fufs lang

1) Ich stellte sie im Jahre 1820 oder 1821 zum ersten Male an, um einem Freunde die Unhaltbarkeit der *Théorie de la poussée des terres* des ehrwürdigen Veterans Prony zu beweisen, und habe sie nachher in meinen Vorlesungen zum Behufe meiner Theorie des Ausflusses der Flüssigkeiten wiederholt.

und 4 Zoll Durchmesser, hatte an ihrem obern Ende einen Trichter von etwa 6 Zoll Höhe, 18 Zoll im obern Durchmesser und 4 Zoll im untern, wodurch er an der langen Röhre angelöthet wurde, um Sand in die Röhre zu füllen. Am untern Ende der Röhre war ein Knie von gleichem Durchmesser aufgeschoben, so dafs der horizontale Theil des Kniees um 6 Zoll seitwärts hervorragte. Die lange Röhre war vertical aufgestellt und wurde nun, anfangs sehr langsam, dann schneller gefüllt. Der Sand war fein und Tags vorher in einem Backofen stark getrocknet. Am Tage des Versuches zeigte er nicht die allermindeste Feuchtigkeit. Als die Röhre mit sammt dem Trichter gefüllt war, fand es sich, dafs er nicht nur nicht aus der Seitenröhre ausgeflossen war, sondern sich schräge gelegt hatte, ungefähr wie derselbe Sand, frei in Kegelform auf dem freien Boden sanft geschüttet, sich legt. Als ich das geradlinige Knie durch ein krummliniges ersetzte, fand derselbe Erfolg statt.

Ich nahm das Knie ab und liefs nahe über der untern Mündung der langen Röhre drei Füfse wie *a* und *c* von Gardinendraht, welche unten spitzig waren, anlöthen, theils um die Mündung der Röhre etwa 1 Fufs hoch über dem Fufsboden zu halten, theils damit sie sich aus ihrer Stellung nicht verrücken lasse. Nach der gehörigen Stellung der Röhre schüttete ich unter ihrer Mündung einen Haufen Sand, bis zu etwa $2\frac{1}{2}$ Zoll über dieselbe, und rund herum, bis der Sand seine natürliche Böschung bildete, welche ungefähr 35° beträgt. Nun wurde die Röhre immer sachte gefüllt. Diese hohe Sandsäule, von welcher man hätte erwarten sollen, dafs sie sich mit ihrem ganzen Gewichte senken und den unten liegenden Sandkegel auseinanderjagen würde, blieb in der Röhre hängen und trieb die Spitze des Kegels nur sehr wenig in die Breite.

Endlich legte ich an die Mündung der verticalen Röhre (Fig. 1, Taf. I) eine Zugklappe wie *X*, welche

sich in einem viereckigen Falze in horizontaler Richtung hin und her schieben liefs, um die Röhre zu schliefsen oder zu öffnen. Nun wurde bei geschlossener Röhre wieder Sand auf den Boden bis zur Berührung der Klappe und etwas darüber geschüttet. Dann liefs ich die Röhre füllen, und gleich darauf zog ich die Klappe heraus. Die äufsere Sandoberfläche verflachte sich sehr wenig, so dafs diese kleine Wirkung sehr gut nur dem natürlichen Falle der ganzen Sandsäule in den leer gewordenen Raum der Klappe zuzuschreiben ist.

Diese drei Versuche, welche gewifs zu den auffallendsten in der Dynamik gehören, beweisen, dafs der Lateral-Widerstand einer Sandschicht von 2 bis 3 Zoll Dicke fähig ist den Fall einer Säule gleichen Sandes von 20½ Fufs Höhe, die über 220 Pfd. russ. wog, zu verhindern, und also diese Säule trägt. Sie beweisen, dafs der Sand keinen Seitendruck äufsert, und dafs also nur solche Körper einen Ausflufs bewirken können, die durch ihr Gewicht die Elasticität (welche nach allen Richtungen wirkt) in Thätigkeit setzen [1]).

Man kann nicht einwenden, dafs die Erfolge der obigen Versuche der Reibung der Sandkörner zuzuschreiben sey. Denn es ist keinem Zweifel unterworfen, dafs, wenn ich an der verticalen Röhre einen Boden mit einem Loche angebracht und einen freien Raum unterhalb gelassen hätte, und dieses Loch nur 2 oder 3 Linien im Durchmesser gehabt hätte, der Sand aus dieser Oeffnung

1) Ich kann nicht umhin hier wieder zu erinnern, dafs die Mathematiker, welche ihre Wissenschaft mit so grofsem Aufwande von Scharfsinn auf die Naturlehre anwenden, vor Allem die Vorsicht haben sollten, die nöthigen Versuche anzustellen, um ihre Grundformeln zu construiren. Hätte Prony die eben erwähnten oder ähnliche Experimente angestellt, so würde der berühmte Analytiker seine durchaus nicht haltbare *Théorie de la poussée des terres* nicht aufgestellt und den falschen Begriff von *fluides imparfaits* in die Wissenschaft eingeführt haben. Sand, Erden, Humus sind gar keine Flüssigkeiten, weder vollkommene, noch unvollkommene.

gefallen wäre, wie es in der Sand-Uhr geschieht, und zwar mit keiner gröſsern Geschwindigkeit. Woraus wir den Schluſs ziehen müssen, daſs, um den Ausfluſs mit der Geschwindigkeit $v = n \cdot \sqrt{2gh}$ zu bewirken, der von der Höhe abhängige Druck der Flüssigkeit einen Seitendruck erzeugen muſs. Daſs aber die tropfbaren Flüssigkeiten, so gut als die Gase, eines Drucks nach allen Richtungen fähig sind, das beweisen alle Versuche mit Seitenausflüssen und die Springbrunnen. Daſs aber kein Aggregat von harten Körnern fähig sey, in einer verticalen Säule nach unten drückend, ein Aufsteigen in einer andern, gleichfalls verticalen oder nur horizontalen, communicirenden Röhre zu bewirken, bedarf nach den obigen Versuchen kaum einer Erwähnung.

III. Erklärung der Phänomene und Gesetze des Ausflusses der tropfbaren Flüssigkeiten.

1) Schon Bossut hatte beobachtet, daſs, wenn ein Gefäſs mit einer verhältniſsmäſsig kleinen Oeffnung am Boden mit Wasser gefüllt worden, und man dann durch diese Oeffnung das Wasser ausflieſsen läſst, die Oberfläche des Wassers bis zu einer kleinen Entfernung vom Boden beständig eben bleibt, jedoch nur unter der Bedingung, daſs das Wasser vorher völlig ruhig geworden war.

2) Wenn aber das Wasser im Gefäſse nicht völlig ruhig ist, so bildet sich bald in der Mitte der Oberfläche eine Vertiefung, desto gröſser, je gröſser die Bewegung ist. Erzeugt man absichtlich eine gyratorische Bewegung in der Wassermasse, so bildet sich förmlich ein hohler Trichter, in welchen die Luft einflieſst. Ist diese Bewegung stark, so reicht die Spitze dieses Trichters bis unterhalb der Ausfluſsöffnung, und die Wasserader bildet unter dem Boden des Gefäſses eine Blase, die sich nach unten schraubenförmig zuspitzt, und dann herum versprützt wird.

3) Wenn das Wasser im Gefäfse völlig ruhig war, zeigte es sich in meinen Versuchen:

a) dafs das Wasser zu Fliefsen aufhörte, wenn nur noch eine 1 Linie dicke Schicht auf dem Boden zurückblieb.

b) Während des Ausflusses blieb die Oberfläche des Wassers eben. Erst wenn der Spiegel sich so weit genähert hatte als $\frac{1}{4}$ des Durchmessers der Ausflufsöffnung + die eben erwähnte Höhe *a*, fängt die Vertiefung des Spiegels an merklich zu werden.

4) Wir haben wieder unser Gefäfs mit der Bodenöffnung (Fig. 2, Taf. I) mit Wasser gefüllt, und hängen in dasselbe kleine Kugeln, die specifisch etwas schwerer sind als dieses Wasser, und zwar in verschiedenen Höhen nicht weit vom Boden und in verschiedenen Entfernungen von der Axe der Oeffnung. Sobald der Ausflufs anfängt, werden diese Pendel sich dieser Axe mehr oder weniger nähern, nachdem sie näher am Boden und an dieser Axe oder weiter davon entfernt aufgehängt wurden. Sind z. B. die Pendel *ad* und *ch* in gleicher Entfernung von der Axe, aber *ad* tiefer als *ch*, so wird die Kugel *d* sich der Axe bedeutend mehr nähern, als die Kugel *h*. Hängt man nun mehrere solche Pendel auf einem Radius *eb*, und hebt jedes derselben, bis es sich eben nicht mehr gegen die Axe der Bodenöffnung nähert, so sieht man, dafs die Strömungen die Gestalt annehmen, welche die Fig. 2 zeigt. Der höchste Punkt der krummen Linie steht um 4 Durchmesser der Oeffnung über dem Boden. Es versteht sich von selbst, dafs dieser Versuch mehrere Proben erforderte. Die Pendelkügelchen waren von Wachs, von gleichem Durchmesser und mit etwas eingedrücktem Blei gleichmäfsig schwerer gemacht.

Wenn ich ein Pendel so aufhing, dafs es die Axe der Oeffnung erreichte, so blieb es daselbst in beständigem Zittern, so lange der Wasserdruck hinreichend dazu war. Denn, so wie die Höhe des Niveau's, und also der Druck,

Druck, abnahm, waren die Strömungen schwächer und die ganze Gränze der Strömungen senkte sich allmälig.

5) Ich füllte das Gefäfs mit zwei Flüssigkeiten von verschiedener Farbe (auch mit dreien), deren specifisches Gewicht nur um etwa $\frac{1}{1000}$ verschieden war. Die Gränzen zwischen denselben waren scharf bezeichnet [1]). Als Alles in Ruhe war liefs ich den Abflufs erfolgen und es zeigte sich, dafs jede Gränze zwischen je zwei Flüssigkeiten völlig horizontal und eben blieb, bis sie in einer

1) Das Instrument, womit ich solche Füllungen mit bedeutender Genauigkeit ohne Verwischung der Gränzen zu Stande bringe, besteht aus einem Trichter mit hinlänglich langer conischer Spitze, deren unteres Ende etwa 4‴ Durchmesser hat. Zu dieser Spitze verfertige ich einen Korkstöpsel mit 4 schmalen Längeneinschnitten, welche eben so viele kleine Kanäle bilden. Die untere Fläche des Korks ist etwas gewölbt, damit die Flüssigkeit auf allen vier Seiten ihren Ausflufs erhalten könne. Für den oberen Theil dieser Spitze, am Uebergange aus dem Trichter in dieselbe, ist ein anderer sehr weicher Korkstöpsel mit einem eingekitteten Stiele von starkem Drahte, mit welchem man den Abflufs der Flüssigkeit des Trichters willkührlich zulassen oder hemmen kann. Will man den Abflufs beginnen lassen, so dreht man den Stöpsel langsam herum, um ihn auf diese Art nur um ein sehr Weniges zu lüften. Allmälig läfst man diese Lüftung wachsen, und wenn die eingeflossene Flüssigkeit etwa 2″ Höhe erreicht hat, kann man den Stöpsel ganz aus dem Halse des Trichters ziehen. Die Füllung selbst geschieht auf folgende Art: Man giefst zuerst die leichtere Flüssigkeit, so viel man ihrer haben will, in's Gefäfs und läfst sie zur Ruhe kommen. Dann wird die Spitze des Trichters mit derselben gefüllt und mit dem Stöpsel gesperrt. Die Flüssigkeit wird in der Trichterspitze schweben. Nun wird der eigentliche Trichter getrocknet, die schwere Flüssigkeit hineingegossen und in senkrechter Richtung das Ganze auf die Mitte der noch verschlossenen Bodenöffnung gesenkt. Endlich lüftet man den Stöpsel wie eben gesagt worden, wodurch die zweite Flüssigkeit gehörig gefüllt wird. Soll eine dritte nachfolgen, so wird der Stöpsel wieder zugedrückt, der Trichter trocken gemacht und die neue Flüssigkeit hineingegossen, die nun ihre angewiesene Stelle am Boden des Gefäfses allmälig einnimmt. So auch eine vierte und fünfte, wenn man es wünscht. Endlich schliefst man den obern Stöpsel ganz und zieht den ganzen Apparat sehr langsam und in senkrechter Richtung ganz heraus. Es entsteht dadurch keine merkliche Störung in den Schichten.

gewissen Entfernung vom Boden gesunken war, welche Entfernung weiterhin bestimmt werden wird. Daraus folgt, dafs die Behauptung gewisser Hydrodynamiker irrig ist, dafs das Wasser *von oben herab* in hyperbolischen Krümmungen nach der Ausflufsöffnung sich bewegt. Es ist also wahr, dafs das Wasser so ausfliefst wie Fig. 2, Taf. I zeigt [1]).

6) Setzt man auf die Ausflufsöffnung eine Röhre *abba*, Fig. 3, von gleichem Durchmesser, und deren Höhe = 4 Durchmesser der Oeffnung, und senkt zwei der obigen Pendel in die Flüssigkeit, so dafs das eine in *d*, das andere in *e* hänge, und dafs die Kugel des erstern in der Höhe der Mündung *bb*, die andere nur um einen oder zwei Durchmesser der Röhre von ihr abstehe, so wird das Pendel in *d* die Lage *dv* annehmen, das andere aber seine verticale Lage *eu* behaupten, wenn die Ausflufsmündung geöffnet wird, obgleich das letztere Pendel näher an der Röhre hängt.

7) Nach dem gänzlichen Abflusse der Flüssigkeit aus dem Gefäfse lasse man die Pendel an den frühern Punkten *d* und *e* hängen und fülle das Gefäfs mit zwei Flüssigkeiten von verschiedener Farbe, deren Gränze etwa in *PP* sey. Sobald diese Gränze durch den Abflufs sich der Oeffnung *bb* genähert, fangen die zwei Farben an sich über *bb* zu vermischen und zusammen auszufliefsen; bald aber hört diese Vermischung auf, sobald *PP* die Tiefe *bb* erreicht hat, und die Gränze erhält die Figur *fbbf*, ohne mehr von der untern Flüssigkeit mitzunehmen. Schliefst man unter diesen Umständen plötzlich

1) In dieser Figur stellen die dunklern Tinten die gröfsern Geschwindigkeiten vor. Man begreift leicht, dafs diese Figur nicht in allen Fällen die nämliche ist. Sie variirt nach dem Verhältnisse der Breite zur Höhe des Gefäfses und vorzüglich nach dem Verhältnisse des Durchmessers der Ausflufsöffnung zu dem des Gefäfses in *fg*. Eine Gleichung für die Krümmung *fkg* wird auch die scharfsinnigste Analysis schwerlich finden, so nützlich es auch seyn möchte wenigstens den Scheitel derselben anders als durch Versuche bestimmen zu können

die Mündung aa, so wird die Oberfläche der untern Flüssigkeit, und also die Gränze, wieder eben wie ox unterhalb der Oeffnung bb; öffnet man die untere Mündung aa wieder, so krümmt sich die Gränze wieder wie $fbbf$.

Läfst man die ganze Flüssigkeit bis bb abfliefsen, so bleibt die Gränze in ox unverwischt zurück.

Wiederholt man denselben Versuch mit drei Flüssigkeiten, so bleiben am Ende des Abflusses eine dünne Schicht der mittleren und eine dickere der obersten in der Höhe bb zurück.

Diese letzten Versuche lehren uns mit Bestimmtheit etwas das man schon aus den Versuchen mit den Pendeln vermuthen konnte, nämlich dafs die Flächenanziehung der Theilchen der Flüssigkeit unter sich an der Bestimmung der krummen Linien, welche das Wasser in der Nähe der Oeffnung während des Ausflusses beschreibt, einen sehr thätigen Antheil nimmt. Denn, wenn wir den Durchschnitt der Oeffnung πr^2 nennen und x die Höhe der horizontalen Wasserschicht, welche mit der zukommenden Geschwindigkeit einen hinreichenden Zuflufs am Rande der Oeffnung erzeugen soll, so haben wir $\pi r^2 = 2\pi rx$ und $x = \frac{1}{2}r$. Wir sehen aber durch die ersten Pendel-Versuche, dafs diese Höhe mit immer abnehmender Geschwindigkeit bis zur Höhe $8r$ sich erstreckt, welches sich nicht wohl anders als mit Zuziehung der Thätigkeit der Adhäsion erklären läfst. Was wir aber hier nur schliefsen, das zeigt der sechste Versuch klar dem Auge. Denn das Wasser innerhalb fbm ist über sein Niveau nach bb geschleppt worden, welches weder der Druck noch die Elasticität vermögen. Das Phänomen, dafs, bei Anwendung von drei Flüssigkeiten, zuletzt eine dünne Schicht von jeder der zwei obern zurückbleibt, ist eine Wiederholung des Versuches mit zwei Flüssigkeiten unter immer verminderter Druckhöhe.

Aus dem bisher Vorgetragenen ziehen wir den Schlufs,

dafs, wenn man eine Flüssigkeit durch eine Seitenöffnung $i\ o$ (Fig. 4, Taf. I) aus einem Gefäfse A ausfliefsen läfst, der Raum, in welchem alle Strömungen sich befinden werden, durch Linien wie $f\,g\,o$ begränzt wird, und dafs man, um die Reibung am Boden zu vermeiden, dafür sorgen mufs, dafs der Punkt g höchstens den Boden erreiche. Der Verlust, den man durch Erhöhung der Seitenöffnung über den Boden erleidet, kann man durch eine geneigte Ansatzröhre vollkommen ersetzen. So fliefst das Wasser in Fig. 3 nicht minder schnell, wenn gleich die obere Mündung $b\ b$ der Röhre um $8r$ über der Ausflufsöffnung $a\ a$ steht.

Nach diesen Prämissen der Erfahrung, welche alle Schwierigkeiten aus dem Wege räumen, können wir nun den *Torricellischen Satz* aufstellen.

Ich nenne elastisch alle Flüssigkeiten, die, wenn sie durch eine äufsere Kraft comprimirt werden, eine Kraft nach aufsen *in allen Richtungen* äufsern, und, nach aufgehobenem äufsern Drucke, sich mehr oder minder vollkommen in ihren vorigen Stand von selbst wieder setzen. *Diese Wiederherstellung ist eine Bewegung*, welche also als eine Kraft wirken mufs gegen jeden Körper der ihr im Wege steht, und ihm Bewegung ertheilen wird. Da aber diese Wege in allen Richtungen stattfinden, so mufs jeder Körper, der in irgend einer dieser Richtungen sich befindet, selbst in Bewegung versetzt werden, wenn sein Widerstand nicht überwiegend ist.

Es sey also ein Gefäfs mit einer tropfbaren Flüssigkeit angefüllt. Diese Flüssigkeit, als eine elastische, mufs angesehen werden als aus physisch unendlich dünnen horizontalen Schichten bestehend, welche nach allen Richtungen einen Druck äufsern. Da nun ihre Elasticität durch den Druck, den jede von den obern erleidet, bedingt und diesem Drucke proportional ist, so wächst die Elasticität einer jeden von oben nach unten im Verhältnifs der Anzahl der darüber befindlichen Schichten. Den-

ken wir uns, dafs plötzlich ein Loch im Boden entstehe, so wird die Flüssigkeit ausfliefsen vermöge aller Kräfte und also aller Geschwindigkeiten, die jede Einzelne für sich äufsern kann, welche von der Null an arithmetisch wachsen. Da nun der freie Fall der Körper auch nur durch Summirung von arithmetisch zunehmenden Geschwindigkeiten stattfindet, so mufs auch der Ausflufs der Flüssigkeiten aus einer Oeffnung im Boden nach dem Gesetze des Falls der Körper stattfinden, — *welches der Torricellische Satz ist.*

Nun bleibt uns noch übrig zu zeigen, wie andere Phänomene des Ausflusses tropfbarer Flüssigkeiten sich nach der obigen Theorie erklären lassen, welches eine neue Bestätigung dieser Theorie abgeben wird, da eine andere Erklärung derselben unmöglich ist.

Wir nehmen wieder das Gefäfs A (Fig. 4, Taf. I), aber ohne die Seitenöffnung io und die dazu gehörigen Linien, und versetzen die Ausflufsöffnung d in die Mitte des Bodens. An dieser Oeffnung wird die communicirende krumme Röhre den, deren horizontale Mündung n in derselben horizontalen Linie als d sich befindet, angebracht.

Ist die Mündung n verschlossen, so ist der Druck des Wassers A auf den Deckel in n so grofs als in d. Denn, wenn man die Flüssigkeit in der krummen Röhre in ihrem tiefsten Durchschnitt bc getheilt denkt, so hebt der Druck der einen Hälfte den Druck der andern auf. So mufs denn auch die Elasticität in d und n wechselseitig gleich seyn, nämlich die dem ganzen Drucke in A zukommende. Wenn man nun die Mündung n öffnete und einen Stab nm von gleichem Durchmesser n, von gleicher Höhe als fd (der Höhe des Wassers über d), und von gleichem specifischen Gewichte als das Wasser in A, senkrecht aufstellte, so würde dieser Stab dem Drucke des Wassercylinders df das Gleichgewicht halten und seine Lage behaupten.

Nun setzen wir voraus, dafs, wenn der Stab *n m* abgenommen wird, weder die Reibung in der Mündung *n* und in der Röhre *d n*, noch der Widerstand der Luft sich der Ausströmung aus *n* entgegenstelle, und wir behaupten, dafs der Ausflufs aus *n* vollkommen so stark seyn werde, als in *d* mit weggenommener Röhre *d e n*, weil die beiden Elasticitäten in *d* und *n* gleich sind. Nun denken wir uns in der Mündung *n* zwei unendlich dünne Schichten der Flüssigkeit *a* und *c* über einander. Da die Schicht *c* keine Bewegung nach unten erzeugen kann, weil ein gleicher Gegendruck entgegenwirkt, so äufsert sich die ganze Elasticitäts-Wirkung auf die Schicht *a*. Sobald aber diese aus der Röhre getreten ist, tritt die Schicht *c* an ihre Stelle und wird eben so wie *a* ausgetrieben. So müssen denn (wenn das Gefäfs *A* immer gleich voll erhalten wird) die herausgetriebenen Schichten bald einen Wasserstab bilden, dessen Druck dem Drucke des Wassers in *d* das Gleichgewicht halten wird, das heifst die Höhe *nm* haben mufs. Da nun dieses Aufsteigen der Schichten eine Bewegung, sogar in entgegengesetzter Wirkung der Schwere, ist, so kann nur die Elasticität der Flüssigkeit dieses Aufsteigen bewirken. Ist nun die Höhe $nm = df$ erreicht, so kann sie nicht mehr überschritten werden, und die Flüssigkeit mufs als schwere Masse von allen Seiten abfliefsen.

Es verhält sich aber im Versuche die Sache etwas anders; die Höhe *nm* wird nie erreicht, aus folgenden Ursachen: 1) Das Wasser fliefst nicht in die Mündung *d* in geraden verticalen Richtungen, sondern in unzähligen krummen Linien wie Fig. 2, Taf. I zeigt, wodurch eine Entgegensetzung und also ein Verlust an Kräften und Bewegungen entsteht. 2) Die Reibung in der ganzen Röhre *d e n* erzeugt eine neue Retardation. 3) Der Widerstand der Luft aufserhalb der Mündung stellt sich dem Aufsteigen des Wasserstrahls entgegen. Der erste dieser Verluste ist so grofs, dafs man behaup-

ten kann, dafs, wenn man das Wasser aus einer Seitenöffnung in eine Röhre von bedeutendem Durchmesser, und daraus wieder durch eine eben so kleine Oeffnung, als die im Gefäfse in eine andere gleich grofse fliefsen liefse, und so fort durch mehrere solche Abwechslungen, der Ausflufs sehr unbedeutend werden müfste. Nimmt man z. B. an, dafs der Ausflufs aus dem Gefäfse, in so fern er nur durch die Entgegnung der Kräfte vermindert wird, 70 pCt. ausmache, so würde der wirkliche Ausflufs aus der sechsten Röhre nicht ganz $\frac{1}{8}$ betragen. Der Widerstand der Luft zeigt sich im Springbrunnen dem blofsen Auge dar. Bis zu einer gewissen Höhe (die von der Höhe des Niveau's abhängt) ist der Strahl voll und durchsichtig. Ueber derselben aber erweitert sich der Strahl und erscheint milchig durch Vermischung mit der Luft, je höher, desto mehr, bis endlich er sich förmlich in Tropfen vertheilt, welche die schöne Garbe bilden, die das Auge so angenehm ergötzt [1]).

Wir wenden jetzt unsere Betrachtungen auf die Phänomene der hydraulischen Sprungcylinder und Sprungkegel. Ich werde nur die Haupt-Versuche beschreiben.

1) Wenn man eine cylindrische Röhre *A* von glattem verzinnten Bleche nimmt, von 12 Zoll Höhe und $2\frac{1}{2}$ Durchmesser, mit einem Boden, in dessen Mitte ein Loch von 6 Linien Durchmesser (Fig. 5, Taf. I), das man mit dem Daumen schliefst, sich befindet, und den Cylinder in senkrechter Richtung in einen mit Wasser gefüllten Eimer langsam taucht, bis dessen Boden ganz nahe dem Niveau des Wassers im Eimer ist — und nun den Daumen schnell wegnimmt, so steigt das Wasser in den Cylinder, indem es die Luft durch die nun freie Oeffnung schnell austreibt. Ist nun das Wasser bis an

1) Das bekannte Gebläse, mittelst welchem man durch einen Wasserfall in einer Röhre Luft herunterzieht und in einem Kasten condensirt, um als Gebläse in eine Esse zu fahren, ist ein ähnliches Phänomen in entgegengesetzter Richtung.

den Boden gekommen, so erhält dieser einen Stofs und es stürzt ein verticaler, aber momentaner Strahl von etwas mehr als 9 Fufs Höhe senkrecht heraus. Für andere Dimensionen ist natürlich die Sprunghöhe verschieden.

2) Wenn man einen abgekürzten Kegel *B* (Fig. 6, Taf. I) von 12 Zoll Höhe, $2\frac{1}{2}$ unterem Durchmesser und von 6 Linien oberem Durchmesser, und den Versuch ganz so anstellt wie den vorigen, so erreicht der Strahl auch etwas mehr als 9 Fufs, also die Höhe wie im vorigen Versuche.

3) Wenn man einen Kegel *C* (Fig. 7) von $11\frac{1}{2}$ Zoll Höhe, $2\frac{1}{2}$ unterem und 1 Zoll $4\frac{1}{2}$ Linien oberem Durchmesser nimmt, auf welchem man einen andern Kegel *aa* auflöthet, dessen oberer Durchmesser 6 Linien grofs ist, und dessen Durchschnitt die Figur *P* hat, und man den Versuch damit wie die vorhergehenden anstellt, so steigt der Strahl bis ungefähr 15 Fufs hoch.

Ich habe einen ähnlichen Versuch (auf einem gefrornen kleinen Teiche) angestellt mit einer Röhre von 3 Fufs Höhe, $7\frac{1}{2}$ Zoll unterm Durchmesser und 1 Zoll oberstem Durchmesser. Die Sprunghöhe betrug ungefähr 30 Fufs.

Diese drei und alle ähnliche Versuche lassen sich nur aus der Elasticitäts-Theorie erklären, denn es ist schon unmöglich, dafs eine nicht elastische Flüssigkeit (wenn es eine gäbe) in eine dieser Röhren aufsteige, und noch weniger, dafs sie eine beschleunigte Geschwindigkeit erhalte, welche einen Theil derselben mehrere Fufs hoch über die Mündung zu steigen zwinge. Aber mit der Annahme der Elasticität erklären sich diese Versuche sehr leicht, wie folgt:

Das *in dem Cylinder* mit der einer Höhe von einem Fufs zukommenden Geschwindigkeit [1]) steigende Wasser stöfst

1) Man möchte vielleicht einwenden, dafs, da das Wasser (um $4\frac{1}{2}$ Linien) in dem Cylinder steigt, diese Schicht dem 12zölligen Drucke

an den Deckel, wodurch die Elasticität eine Rückwirkung erzeugt, welcher die ganze unterhalb befindliche Wassermasse durch ihre Beharrlichkeit widersteht. So mufs sie sich denn auf eine gewisse Portion des Wassers nahe an der Oeffnung äufsern. So haben wir denn eine grofse elastische Masse, die ihre Wirkung auf eine viel kleinere äufsert, und ihr also eine weit gröfsere Geschwindigkeit mittheilen mufs, als sie selbst hat, wie es der Fall ist, wenn an einer Percussionsmaschine eine grofse elastische Kugel eine kleinere stöfst.

Im zweiten Versuche wird der accelerirte Strahl auf eine andere Art erzeugt, nämlich durch die Kegelform. Da nämlich jede aufsteigende Wasserschicht in einen immer kleinern Kreis kommt, so mufs sie immer an Höhe gewinnen, und zwar dadurch, dafs die unteren Schichten, die selbst im Steigen begriffen sind, den Rücktritt der obern nicht nur hindern, sondern auch als kleinere Massen ihre Steiggeschwindigkeit erhöhen, und zwar nach Verhältnifs des Quadrats der Durchmesser. Nach den angestellten Versuchen scheinen die Accelerationen in beiden Versuchen gleich zu seyn, — eine Gleichheit, die zu interessanten Berechnungen Anlafs geben könnte, welche aber nicht Gegenstand dieser Abhandlung seyn können.

Im dritten Versuche sind beide Wirkungsarten vereint und folgen auf einander. Die des zweiten Versuches müfste eine Sprunghöhe erzeugen, die zwar viel kleiner

entzogen ist, wenigstens um diese $4\frac{1}{2}$ Linien, aber mit Unrecht. Denn diese Schicht ist durch die erhöhte Elasticität der eingeschlossenen Luft comprimirt und besitzt also einen Zusatz zu ihrer natürlichen Elasticität unter dem gewöhnlichen atmosphärischen Drucke, der dem Ueberschusse der Elasticität der eingeschlossenen Luft entspricht. Sobald also die Luft durch die Ausflufsmündung entweicht, wird der Ueberschufs der Elasticität dieser Wasserschicht thätig, deren Wirkung darin besteht, ihr die zukommende Steigegeschwindigkeit zu ertheilen, wie es bei Gelegenheit der Bildung des Strahls in Fig. 4, Taf. I gezeigt worden.

wäre als die dieses dritten Versuches, aber eine in demselben Verhältnifs (nahe zu 1 : 7) gröfsere Masse ausstofsen würde, wenn der Kegel den Ansatz *P* nicht hätte. Es stöfst aber diese Masse gegen die viel schieferen und zur Erzeugung eines geraden zusammenhängenden Strahls sehr vortheilhaften Wände des Ansatzes, wodurch der Strahl so weit verengt wird als in den frühern Versuchen, und also vermöge des Anstofses zuletzt eine gröfsere Strahlhöhe entstehen mufs.

Um mich zu versichern, dafs beide Wirkungsarten hier wirklich stattfinden, habe ich denselben Kegel *C* (Fig. 7, Taf. I) *mit offener Mündung a a*, mit einer mäfsigen Geschwindigkeit in's Wasser gesenkt und sah zwei auf einander folgende Strahlen entstehen [1]).

Diese sämmtlichen Versuche, wie noch mehrere, die man, zum Beispiel mit Ansatzröhren, anstellen könnte, liefern neue unwiderlegbare Beweise unserer Theorie. Ja, sie können an und für sich als strenge Experimental-Beweise für die Elasticität der tropfbaren Flüssigkeiten gelten und machen die übrigen, als die von Canton, Abich und Andern, die ohnehin so schwer mit hinlänglicher Schärfe anzustellen sind, entbehrlich.

Hr. Prof. Munke hat im neubearbeiteten Gehler'schen physikalischen Wörterbuche, Bd. 8, der hydraulischen Sprungkegel ausführlich erwähnt, dabei aber, gleich zu Anfange, S. 979, geäufsert, dafs zur Erklärung dieser Phänomene es nicht nöthig sey, die Elasticität der tropfbaren Flüssigkeiten zum Grunde zu legen. Diefs ist ganz richtig, wenn man, wie dieser gelehrte Physiker thut, die Massen als mit den ihnen zukommenden Quantitäten der Bewegung begabt voraussetzt; welches aber nicht geschehen darf, ehe man den Torricellischen Satz erwiesen hat. Meine Absicht aber ist, dessen strengen Beweis zu liefern, den man nie früher geliefert hatte, den ich aber

1) Eine zu rasche Senkung vereinigt beide Strahlen in Einen, eine zu langsame läfst nur den zweiten zu.

jetzt in strengerer Form als in meiner *theoretischen Physik*, 1809, durchgeführt zu haben glaube. Sollten aber die Sprungcylinder und Sprungkegel dazu beitragen, indem sie sich nur mittelst der Elasticität erklären lassen, so mufste ich *ab ovo* ausgehen und dieses beweisen. Sollten wir einst unelastische Flüssigkeiten entdecken, so wäre der Sprungkegel, diese so einfache Vorrichtung, geeignet, um sie zu entdecken. Dahin aber gehören nicht diejenigen, als Syrupe, Theer etc., welche zu deren Wasser oder Oelen viele nur mechanisch beigemischte concrete Substanzen enthalten, oder wirkliche Auflösungen von vielem Zucker, Gummi, deren Zähigkeit die Bewegungen überhaupt erschwert.

Nachdem wir die Wege kennen gelernt haben, welche das Wasser durchläuft, um zu der Ausflufsmündung zu gelangen, so wie auch die durch den Druck entstehende Elasticität, die Acceleration erzeugt, unterliegt das Phänomen der *zusammengezogenen Wasserader* keiner Schwierigkeit. Alle Hydrodynamiker seit Newton haben sie (die Reibung und den Widerstand der Luft abgerechnet) von den schiefen Richtungen und Entgegensetzungen abgeleitet, unter welchen das Wasser sich der Mündung nähert, diese von ihnen angenommenen krummlinigen Bewegungen mögen die wahren oder nur eingebildete seyn. Vorzüglich hat Bossut sich bemüht, durch seine Versuche, mit und ohne Ansatzröhren, die Gröfse des durch jene Entgegensetzungen entstehenden Verlustes auszumitteln. Es sind auch seine Resultate bis jetzt, so viel mir bekannt ist, als richtig angesehen worden. Daher ich das oft Gesagte nicht wiederholen will. Dasselbe gilt von dem Ausflusse aus den Seitenöffnungen.

Es ist oben bewiesen worden, dafs in den Gefäfsen, wie *A*, *B*, *C* (Fig. 8, Taf. I), mit gleichen Grundflächen und Höhen, aber verschiedenen Vertical-Durchschnitten, der Satz der Gleichheit des Drucks auf der Grundfläche nicht aus dem blofsen Princip der Schwere zu erklären

sey. Es ist aber unsere Pflicht zu zeigen, dafs dieser höchst wichtige Satz sich aus der *Schwere und Elasticität* streng beweisen läfst.

Es sey A (Fig. 9, Taf. I) ein cylindrisches, ganz geschlossenes Gefäfs, auf welches eine Röhre B mit dem Gefäfse A communicirend aufgesetzt ist, so wird die bis $a\,a$ eingefüllte Flüssigkeit auf der Grundfläche $b\,c$ des Gefäfses einen eben so grofsen Druck hervorbringen, als wenn die Röhre $d\,a\,a\,d$ einen eben so grofsen Durchmesser als das Gefäfs A hätte.

Beweis. Da der Druck einer schweren und elastischen Flüssigkeit nicht nur in der Richtung der Schwere, sondern in allen Richtungen gleich stark drückt (diefs ist die Definition einer elastischen Flüssigkeit), so wird irgend eine Schicht $x\,x$ derselben im Gefäfse A eine Elasticität erhalten, die der Höhe $a\,x$ entspricht. Folglich wird ihre Elasticität in den Richtungen xy und xy drücken und die ganze Schicht $yxxy$ die der Höhe ax zukommende Elasticität erhalten, die also dem verticalen Drucke der Säule $a\,x$ gleich ist. Dasselbe wird in allen horizontalen Schichten wie $y'x'x'y'$ stattfinden. Da aber alle diese Elasticitäten auch nach unten mit gleicher Kraft drücken, so mufs der Boden $b\,c$ des Gefäfses in allen seinen Punkten mit derselben Kraft gedrückt werden als die dem Durchschnitt der Röhre B gleiche Grundfläche mn.

Kehrt man den Apparat um, setzt in aa einen Boden und nimmt den Boden $B\,C$ weg, so beweiset eine ähnliche Schlufsfolge, dafs das Wasser in A nicht mehr und nicht weniger als auf den Boden aa drückt als die Säule $maan$ allein drücken würde.

In meinem *Grundrisse der Physik der Erde und Geologie*, S. 385, habe ich die hohen Fluthen, welche an Untiefen, engen Buchten, Insel-Gruppen etc. stattfinden, aus der Theorie der Sprungkegel und Sprungcylinder erklärt, und die Beispiele der canarischen Inseln, der

Meerenge von Gibraltar, der Häfen von Cherbourg und St. Malo und der Mündung der Saverne in dieser Hinsicht genannt. Namentlich ist das Beispiel der Saverne sehr auffallend, da die Fluth daselbst um 54 Fuſs steigt. Dafür aber hat die Natur einen colossalen Apparat dazu construirt. Das Gefäſs ist das atlantische Meer; der erste Theil des Kegels ist der Canal von Bristol, dessen Basis zwischen dem Cap St. Gowers und dem Cap Hartland 45 englische Meilen breit und von da bis zur Insel Seilly 70 M. lang, wo er sich bis 10 M. Breite verengt, und dann den spitzigen Kegel bis zum Ausfluſs der Saverne, mit der Basis 10 und der Länge 35 Meilen bildet. Hätte diese groſse Bucht nicht einen Nebenausfluſs durch den Georges-Canal in das irländische Meer, und von da durch den Nord-Canal wieder in das atlantische Meer, so würde die Fluth in der Saverne ungleich höher seyn.

An jedem Ufer, welches eine sprungkegelartige Configuration hat, erzeugen Winde, die in der Richtung der Axe blasen, ähnliche Hebungen des Wassers. Hr. Prof. Munke führt im physikalischen Wörterbuche eine solche (wahrscheinlich das gröſste Phänomen dieser Art) an, welche bis an die Laterne des Leuchtthurms *Sumbury head,* 300 Fuſs hoch, steigt. Wir müssen übrigens solche Sprunghöhen überhaupt nicht allein der horizontalen Verengung der Buchten zuschreiben, sondern es liefert die allmälige Erhöhung des Grundes einen guten Theil des Phänomens.

Diesem Gesetze des Sprungkegels verdankt, leider! Petersburg jährlich eine oder mehrere Ueberschwemmungen der niedrigsten Theile der Stadt, und namentlich auch die groſse Ueberschwemmung von 1825, welche so Vieles zerstörte und mehr als tausend Menschen das Leben kostete. Wie viel unheilbringender wäre sie gewesen, wenn nicht der finnische Meerbusen sich von Helsingfors an bis zum Ausflusse der Narowa erweiterte, sondern in seiner ganzen Länge seine Kegelgestalt behauptete!

Diese Theorie des Ausflusses der Flüssigkeit aus Bodenöffnungen, und vorzüglich der Satz, dafs das Maximum der horizontalen Geschwindigkeiten sehr nahe am Boden stattfinde, habe ich in meiner Geologie mit Vortheil dazu angewandt, um den von allen andern Geologen (so viel ich weifs) nur postulirten Strömungen im Ur-Ocean den Ursprung anzuweisen, den Strömungen, welche durch ihre Gewalt so viele Thäler ausgewaschen, so viele Felsenkämme durchgebrochen, und ihre Trümmer, nebst denjenigen, welche durch gewaltige vulcanische Erschütterungen entstanden sind, als erratische Blöcke weit und breit verschleppt haben — ein Geschäft, welches man sonst und noch heut zu Tage den im Angesichte solcher Verheerungen zwergartig erscheinenden heutigen Flüssen aufbürden will.

V. *Ueber das Verhältnifs der elektrischen Polarität zu Licht und Wärme; vom Dr. Neeff in Frankfurt a. M.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser.)

---

1. Es giebt für alle Verhältnisse der Elektricität zu andern Naturkräften *ursprüngliche Thatsachen*, welche, wie in einer Knospe, einen ganzen Organismus enthalten. Von ihrer genauen Beobachtung ausgehend, entwickelt sich durch die Reihe der Einzelnheiten die Erkenntnifs des Ganzen. Eine solche z. B. war für die Lehre vom Elektrochemismus die Wasserzersetzung, als man an dem positiven Pol den Sauerstoff, am negativen den Wasserstoff auftreten sah. Ein solches Factum war es für den Elektromagnetismus, als Oersted die Thatsache wahrnahm, dafs der Magnet sich senkrecht auf den elektrischen Strom lagert, indem seine Polarität zu der

des Stroms in einem bestimmten Verhältnisse steht. Auch bei den andern Beziehungen der Elektricität mufs die wissenschaftliche Untersuchung von solchen Fundamentalversuchen ausgehen, deren scharfe und methodische Beobachtung allein zu einer genügenden Ableitung und Entwicklung führt. Und so mufs es auch für die Erregung des Lichts und der Wärme durch Elektricität Urphänomene geben, welche, wenn man die Complicationen eliminirt, einfach und klar die elementare Thatsache darstellen. — Bei einer Untersuchung über die Eigenthümlichkeiten der elektrischen Pole habe ich Erscheinungen beobachtet, welche mir diesen Character zu haben schienen, und deren Entwicklung ich denen, welchen reichere Mittel zu Gebot stehen, hiermit zur Prüfung vorlege.

I. Ueber den Ursprung des elektrischen Lichts.

2. Man hält das elektrische Licht für ein Ausgleichungsphänomen beider Elektricitäten, welches zwischen den Polen in schlechtleitenden Medien stattfinde. Ob eine oder zwei Elektricitäten selbst leuchten, ob das Licht ihnen als Flüssigkeiten zukomme, oder ob das elektrisirte Medium leuchte, so wie auch über die Frage, welchen Antheil die Wärme an dem Lichtphänomen habe, darüber herrschen weder hinreichend klare Vorstellungen, noch sind auf experimentalem Wege zulängliche Beobachtungen angestellt worden. Nur kommt man darin überein, dafs hier eine Bewegung des Leuchtenden stattfinde, welche man sich als eine Strömung in Einer Richtung oder in zwei entgegengesetzten vorstellt, als überschlagende Funken, an deren Licht beide Pole Antheil haben, und vorzugsweise der positive.

3. Die objectiven Ursachen dieser Unklarheit sind hauptsächlich die Flüchtigkeit des Phänomens, und die mitwirkende Wärme. Ist die leuchtende Entladung ein einzelner Blitz, so geschieht sie in einem so unermefslich kleinen Augenblick, dafs sie nicht distinct gesehen

werden kann. Ist sie eine höchst rasche Aufeinanderfolge unzähliger Funken, wie z. B. im elektrischen Strahlenbüschel des Conductors, so bleibt die Polarität des leuchtenden Wesens unsicher; denn was hier leuchtet, kann entweder die ausströmende positive Elektricität, oder das durch Induction hier negativ elektrisirte Medium seyn, so wie umgekehrt am anderen Pol. Tritt endlich ein hoher Grad von Wärme hinzu, wie bei starken Leydner Flaschenschlägen oder bei den Verbrennungserscheinungen der Voltaischen Batterie, so erscheint das Lichtphänomen complicirt, und beinahe ganz als ein secundäres; man mufs es glühenden Metall- oder Kohlentheilchen zuschreiben, fast so gewifs, als man das Licht des zwischen den Polen glühenden Platindrahts nur mittelbar der Elektricität, unmittelbar aber der Wärme zuschreiben mufs. Dafs es aber ein primäres elektrisches Licht giebt, ein nicht durch die Wärme vermitteltes, so wie eine dunkle elektrische Wärme, ist gewifs. Viele Phänomene der Reibungselektricität zeigen ein solches höchst glänzendes elektrisches Licht mit einem Minimum von Wärme. Es ist nur schade, dafs man aus den erwähnten Gründen den Ursprung des Lichts hier wie dort nicht mit Erfolg studiren, und aus dem Chaos der Erscheinungen ausscheiden kann.

4. Es ist mir gelungen, auf einem anderen Wege dies zu erreichen. Bei der *Magnetelektricität* nämlich, — unter welchem Namen ich die durch entstehenden und verschwindenden Magnetismus hervorgerufene Elektricität begreife, nicht nur wenn die Erregung durch den permanenten Magnetismus des Stahlmagneten, sondern auch wenn sie durch den momentanen des Elektromagneten geschieht, — kann man unter günstigen Bedingungen das elektrische Licht frei von verwirrender Complication und sehr distinct sehen, kann es bis zu seinem Ursprung verfolgen und die Art seiner Polarität unzweideutig erkennen. Denn, da diese Elektricitätsquelle eine hö-

höhere Intensität und geringere Quantität äufsert als die Voltakette, so giebt sie mehr primäres Licht und weniger Wärme als diese. Sie nähert sich mehr der Frictionselektricität, ist aber weniger oberflächlich und wirkt kräftiger chemisch als diese. Sie steht also in einer für solche Untersuchungen glücklichen Mitte zwischen den Extremen. Auch kann man beliebig sowohl ihre Intensität, als auch ihre Quantität schwächen und verstärken, je nachdem man zur Spirale einen längeren oder dickeren Draht wählt. Ihr Hauptvorzug ist aber, dafs man die Polareffecte, welche beim Voltaischen Strom dem Experimentirenden unter der Hand verschwinden, indem sie sich schnell neutralisiren, bei ihr besser auseinander halten, und unvermischt zu einer bedeutenden Höhe steigern kann.

5. Ich bediente mich dazu meines *Magnetelektromotors* (Poggend. Ann., Bd. 46, S. 104), welcher auch hierzu der zweckmäfsigste Apparat ist, indem er zum Hervorbringen sowohl einzelner magnetelektrischer Entladungen, als einer Reihe von zahllosen höchst rasch sich folgenden sich eignet; zudem ist die Entladungsstelle bleibend dieselbe, einer scharfen Beobachtung folglich bequem zugänglich. Die Constructionsart des Mechanismus war etwas abweichend von der a. a. O. beschriebenen, namentlich darin verschieden, dafs das Lichtphänomen nicht, wie dort, von einer abgestumpften Spitze verdeckt wird. Es war nämlich die, deren sich der Mechanicus Desaga in Heidelberg bei diesem Apparat bedient: der Hammer ist mit einem Platinplättchen bedeckt, und senkrecht auf dessen Ebene berührt er die conische Spitze eines Platindrahts, der mit dem Ambofse verbunden ist. So hat man den Vortheil, die Lichterscheinung überall unverdeckt zu sehen, und sie eben so gut an einer Ebene, als an einem conischen Körper beobachten und messen zu können. Als Erreger ist die a. a. O. beschriebene Batterie am zweckmäfsigsten. Eine einfache Kette reicht

meistens hin. Bei Wirkungsabnahme, oder wenn man stärkere Effecte beabsichtigt, kann man 2, 3, 4 Plattenpaare ungleichnamig verbinden. Bei einer so mäfsigen Quelle sind alle Effecte blofs magnetelektrische; selbst permanente Schliefsung erregt eben so wenig ein Glühen der Platindrahtspitze, als eine schnelle Folge unterbrochener Contacte.

6. Es ist bekannt, dafs bei diesem Apparate, wenn er vibrirt, zwischen dem Hammer und dem Ambofse bei jeder Oeffnung der Kette ein sogenannter Funke erscheint, und dafs diese *Lichterscheinung* bei den schnell sich wiederholenden Trennungen eine scheinbar stätige wird. Irriger Weise hält man sie für wirkliche (von Pol zu Pol überspringende) Funken, oder schreibt sie (wie früher ich selbst a. a. O.) immer einer Metallverbrennung zu. Erst bei sehr starker Elektricität entsteht Verbrennung; bei so schwacher Quantität und vorherrschender Spannung ist die Lichterscheinung nur mit einem Minimum von Wärme verbunden. Schon das blofse Auge sieht sie bei gedämpfter Tageshelle als ein violettes Licht; die Stromrichtung möge nun vom Hammer zum Ambofse oder umgekehrt gehen. Aber sie ist überaus klein; und diefs brachte mich auf den Gedanken, mit dem *Mikroscop* sie zu untersuchen.

7. Man beobachte also mit bewaffnetem Auge, und sogleich wird man sehen, *dafs das Lichtphänomen immer am negativen Pol erscheint*, d. h. dafs die Platinspitze des Ambofses leuchtet, wenn der Strom vom Hammer zum Ambofse geht, und die Platinfläche des Hammers, wenn die umgekehrte Richtung stattfindet. Bekanntlich geht die Magnetelektricität beim Oeffnen der Kette in derselben Richtung wie der primäre Strom; auch zersetzt sie z. B. das Wasser in demselben Sinn, entwickelt Sauerstoff an der vom Kupfer der Kette herkommenden Elektrode, und Wasserstoff an der zum Zink führenden. Dafs also die letztere der negative Pol ist, kann keinen Zwei-

fel erleiden. Ueberdiefs kann man die Nachweisung Gassiot's (Ann., Bd. 65, S. 479) vergleichen.

8. Schon mit einer fünfmal vergröfsernden Loupe entdeckte ich dieses Fundamentalphänomen. Schon so fällt es unzweideutig in's Auge, aber die genaue *Unterscheidung des Details* fordert stärkere Vergröfserung. Am vortheilhaftesten fand ich die 25- und die 50fache eines Plöfsl'schen Mikroscops, zu welchem ich mir ein Horizontalstativ machen liefs. Sie erlauben eine 1¾zöllige Entfernung des Objectivs vom Gegenstand. Mit der 66fachen sieht man nicht mehr, als bei jenen, und das Bild ist weniger nett. Uebrigens ist auch hier keine starke Verdunklung des Sehfeldes nöthig, und eher nachtheilig; die Spitze z. B., wenn sie leuchtet, spiegelt sich dann in der Fläche.

9. Mit dieser Bewaffnung nun unterscheidet das Auge deutlich, dafs das Licht von zwei verschiedenen Quellen kommt. Die erste besteht aus blendend *weifsen Pünktchen* vom lebhaftesten Glanze, aber unmefsbar klein, so dafs selbst bei 66facher Vergröfserung kein wirklicher Durchmesser zu unterscheiden ist, so wenig wie bei Fixsternen auch durch das stärkste Fernrohr. Diese Pünktchen sitzen am Platin fest, sey nun die Ebene des Hammers oder die conische Spitze des Ambofses negativer Pol. Niemals erscheinen sie frei in der dünnen Lichthülle, von welcher nachher die Rede seyn soll, oder gar aufser ihr in der Luft. Sie erscheinen bald hier, bald da, beim Wechsel der Schläge. Sie sind am häufigsten am Extrem des Pols, also an der Contactstelle, an der Spitze des Lichtkegels beim Ambofs, in der Mitte der Lichtscheibe beim Hammer. Diese Lichtpunkte sind höchst feine Spitzen der rauhen Oberfläche, welche als solche concentrirtes Licht ausstrahlen, was man bei der Reibungselektricität *Spitzenlicht* nennt; bei einer vollkommen polirten Nadel erscheint es daher nirgend als an der äufsersten Spitze.

10. Die andere Lichtquelle will ich *Flamme* nennen, weil sie einer schwach leuchtenden, stäten, violetten Flamme gleicht, und weil auch Anderes, wovon unten, dazu berechtigt. Erscheint sie am Ambofse, so umgiebt sie die Platinspitze als leuchtende Hülle. Bei mittlerer Gröfse sah ich sie $0,5^{mm}$ lang und $0,04^{mm}$ bis $0,05^{mm}$ dick. Tritt sie aber am Hammer auf, so liegt sie horizontal auf dessen Ebene, eine Scheibe von gleichfalls $\frac{1}{2}$ Millim. Durchmesser und $\frac{1}{25}$ bis $\frac{1}{20}$ Millim. Dicke bildend.

11. Dafs das sichtbare Gesammtphänomen vom negativen Pol herrührt, und ihn mit bedeutender Verbreitung umleuchtet, ist ganz unverkennbar. Die Möglichkeit ist nicht zu leugnen, dafs auch am positiven Pol ein schwächeres Leuchten seyn könne; nur kann man es nicht sehen, weil er eintaucht in die Lichtsphäre des negativen; dagegen giebt es eben kein Mittel, und nur die Analogie mit der Frictionselektricität kann zur Vermuthung einigen Anlafs geben.

12. Bisher setzten wir immer die Beobachtung am vibrirenden Magnetelektromotor voraus, und wirklich lernt man das prachtvolle Phänomen so am besten kennen. Es ist hier so stät, dafs man es Viertelstunden lang bequem betrachten und messen kann. Aber so gleichförmig auch bei mäfsiger Intensität die Flamme bleibt, so unstät sind hier die weifsglänzenden Punkte; sie erscheinen in wimmelnder Bewegung. Erwägt man, dafs, was man scheinbar stät sieht, eine höchst rasche Succession unzähliger Blitze ist, so erkennt man leicht, dafs diese Bewegung eine optische Täuschung ist, herrührend von der Vielheit der Punkte, von denen bald dieser, bald jener aufleuchtet. Es ist daher nöthig, dafs man auch *einzelne Blitze* beobachte; welches leicht zu bewerkstelligen ist, wenn man den Hammer nicht dem Spiel der Maschine überläfst, sondern mit der Hand lenkt. Wem der erwähnte Apparat nicht zu Gebot steht, bedarf nur einer einfachen

Voltakette, einer Spirale und einer etwa 12fach vergröfsernden Loupe, um sowohl das Polarphänomen, als das beschriebene Detail in einzelnen Blitzen deutlich zu sehen. Man sieht nämlich die Flamme und die weifsen Pünktchen zugleich aufblitzen; aber diese sind fix, sie bewegen sich nach keiner Richtung, es sind keine „Funken."

13. Wir lernen die Erscheinung noch besser kennen, wenn wir die bisher angenommene magnetelektrische Intensität allmälig *schwächen*. Man kann diefs am besten durch den Moderator (Poggend. Annal., Bd. 50, S. 236) bewirken. Man bringt nämlich einen mit Wasser gefüllten Glascylinder zwischen die magnetelektrischen Pole, und senkt den einen derselben immer tiefer in das Wasser. Das Licht wird dadurch immer schwächer, bis es ganz verschwindet. Hierbei verkleinert sich die violette Flamme und wird zugleich dünner und daher matter leuchtend. Die Spitzenlichter aber (die weifsglänzenden Pünktchen) vermindern sich in der Zahl, und kommen zuletzt nur an dem Contactpunkte vor, bis sie auch hier verschwinden. Hebt man die eine Elektrode am Moderator allmälig wieder herauf, so sieht man beide Lichter wieder anwachsen. Wenn man die Lichtquellen so verringert hat, dafs nur noch einige Spitzenlichter erscheinen, so kann man von der violetten Flamme nichts mehr wahrnehmen. Je kleiner daher das Lichtphänomen, desto weifser, je gröfser, desto violetter erscheint es. Es fragt sich nun, ob die Flamme wirklich ganz verschwinde, während die weifsen Punkte noch leuchten, so dafs jene nur bei einer höheren Stärke der Magnetelektricität stattfindet; oder ob sie dann nur dem Auge nicht erkennbar ist. Für letzteres spricht, dafs ihr Licht an sich schon weit weniger intensiv ist, als das concentrirte der weifsen Punkte, und dafs es durch die Dünne der leuchtenden Schicht, die nur den zehnten Theil des Durchmessers derselben beträgt, wenn diese Gröfsen auf ein Minimum reducirt werden, wohl unsichtbar werden kann, ohne

wirklich verschwunden zu seyn. Ob die Flamme daher den Lichtpünktchen zu coordiniren, oder ob diese primär, jene nur secundär seyen, wage ich nicht zu entscheiden.

14. Eine andere Art von Schwächung bot ein lehrreicher Versuch dar. Ich vertheilte nämlich das Lichtphänomen, indem ich auf den Hammer eines zweiten Magnetelektromotors eine sehr feine Stahlnadel („Perlennadel") befestigte und ihre Spitze auf der Platinfläche des ihr gegenüberstehenden Ambofses hämmern liefs; es war also die umgekehrte Construction von der des ersten. Die magnetelektrischen Pole des ersten Apparats, von denen sich ein Theil der Entladung ableiten läfst, wurden mit Hammer und Ambofs des zweiten in leitende Verbindung gesetzt. Während nun der erste vibrirte, wurde auch die Nadel des zweiten in Oscillationen versetzt, wodurch sie mit dem höchst nahen Ambofs in häufige Berührung kam, und so das abgeleitete Lichtphänomen zeigte. Da die Stahlnadel weit feiner als die Platinspitze des primären Apparats war, so entzog sie dieser nur einen sehr kleinen Theil der Elektricität; daher war ihr Licht auch weit schwächer. Aber durch 25fache Vergröfserung konnte ich deutlich wahrnehmen, dafs, wenn sie negativ war, nur an ihrer äufsersten Spitze, und nur Ein Lichtpunkt erschien: eine Folge der Politur, wie schon oben erwähnt. Die Flamme war wieder violett; also machte die Verschiedenheit des Metalls, an dem sie auftrat, in der Farbe hier keinen Unterschied. Dabei war sie länger als die an der Platinspitze, aber von viel matterem Licht; häufig war sie gar nicht sichtbar. Blitzte sie auf, so sah das Ganze wie ein Komet aus. Auch am Ambofs, wenn er negativ war und leuchtete, sah ich sehr selten die Flamme, sondern nur eine von zahllosen weifsen Lichtpünktchen schimmernde Scheibe; eine Folge der schwachen Elektricität.

15. Bringt man ein Tröpfchen Wassers oder wasser-

haltigen Weingeists zwischen Hammer und Ambofs, so arbeitet der Mechanismus zwar vibrirend fort, allein man sieht bei schwacher Erregung wohl die Gasentwicklung des zersetzten Wassers, aber kein Licht. Erst bei starker Elektricität sieht man das Licht auch unter Wasser. Wartet man die allmälige Verdunstung ab, so erscheinen zunächst weifse Lichtpünktchen, dann die Flamme. Man kann diesen Embryonalzustand des elektrischen Lichts nicht schöner sehen.

16. Aber nicht minder lehrreich als die Schwächung des Phänomens ist dessen *Verstärkung*. Um diese zu bewirken, mufs man sich einer kräftigeren Kette bedienen, doch einer solchen, bei der keine Elektrode glühend werden kann, da wir hier immer noch das primäre Licht untersuchen. Zwei bis drei Ketten, ungleichnamig verbunden, wirken sehr gut. Der Effect ist, dafs die Spitzenlichter reichlicher, die Flamme gröfser wird. Aber nun erscheinen auch weifsleuchtende Stellen von merklichem Durchmesser am Platin. Und die Flamme ist nicht eine ruhige Lichthülle, sondern sprüht oft bedeutend über ihre Gränze hinaus, manchmal mit rother Farbe; unter dem Mikroscop ein wahrer Lichtvulcan. Nun sieht man auch zuweilen ächte Fünkchen, d. h. höchst kleine leuchtende Punkte, welche von der leuchtenden Elektrode auswärts sprühen, so dafs sie aufserhalb der Flamme sichtbar werden und erlöschen; aber sie nehmen ihre Richtung nicht entschieden nach der dunkelen Elektrode, es sind keine überschlagende Funken.

17. Geht man beträchtlich weiter mit Verstärkung der erregenden Elektricität, so ist es nicht mehr zu vermeiden, dafs die Wärme, die sie erregt, bis zum *Glühen* steigt. Dann hat man es nicht mehr mit dem primären Licht allein zu thun; das Licht des Glühens und Verbrennens ist wesentlich ein anderes, von der Elektricität nicht direct abhängiges; und beide Lichtarten vermischen sich so, dafs es mir noch nicht gelungen ist sie hinreichend

zu unterscheiden. Doch wird von einzelnen Erscheinungen, die hierher gehören, noch die Rede seyn, so wie auch von manchem Anderen, was die Erregung des Lichts durch Elektricität betrifft, das aber erst später sein volles Verständnifs findet.

II. Ueber den Ursprung der elektrischen Wärme.

18. Die Erscheinung, dafs das Licht ausschliefslich am negativen Pol entspringt, rief die Frage hervor, welche Thätigkeit wohl *am lichtlosen positiven Pol* ihr entspreche. Ich vermuthete, dafs die *Wärme* diese Function sey. Es ist bekannt, dafs die elektromotorische Kraft, von ihren ersten leisen Regungen an, im Conflict mit dem Leitungswiderstande des Metalls Wärme erzeugt; ihre höchste Entwicklungsstufe ist das Feuer. Diese Wärmeentwicklung findet sowohl bei dem Schlag der Leydner Flasche und der permanenten Leitung des Voltaischen Schliefsungsdrahts statt, als bei der unterbrochenen der Magnetelektricität, beim Durchströmen sowohl guter als schlechter Leiter. Aber bei der Schliefsung durch Metalle kann man die Eigenthümlichkeiten der Pole, namentlich in Bezug auf Wärmeentwicklung, nicht unterscheiden, weil sie sich im Leiter vollständig neutralisiren. Es giebt für die Darstellung der Polareffecte nur drei Wege: erstens die Magnetelektricität; zweitens den Feuerstrom, der zwischen den Elektroden mächtiger Batterien in Distanz überschlägt; und drittens die Wasserzersetzung durch sehr kräftige Säulen. Diese alle gestatten eine starke Erregung, während sie dennoch einen Ueberschufs freier Polarkräfte in ihrem Gegensatze scharf auseinander halten.

19. (Erster Weg.) Aufmerksam auf die Erscheinungen am positiven Pol des Magnetelektromotors, nahm ich bei einem schon oben (14.) erwähnten Versuch ein Phänomen wahr, welches meine Ansicht, dafs die Anode der Wärmequell sey, wie die Kathode der Lichtquell, bestätigte. Wie die feine Stahlnadel unter dem Einflusse

schwacher Elektricität sich als leuchtende Kathode verhielt, habe ich dort erzählt. Aber beim Wiederholen dieses Versuchs sah ich zuweilen, bei etwas stärkerer Elektricität, vor dem Mikroscop die Nadelspitze, als sie Anode, folglich lichtlos war, und ihr gegenüber der negative Ambofs leuchtete, plötzlich rothglühend werden. War sie negativ, so geschah diefs niemals. Dieser Versuch kann nur mit einer so äufserst feinen Spitze gelingen, die selbst bei schwacher Elektricität leicht in's Glühen geräth, und der gegenüberstehenden Metallfläche die Gluth nicht verwirrend mittheilen kann. Denn wenn die Elektroden gleiche Masse haben, so wird vermöge der Wärmeleitung die Glühhitze der positiven auf die leuchtende negative fortgepflanzt. Auch mifslingt der Versuch, wenn der rechte Grad elektrischer Intensität nicht getroffen wird.

20. (Zweiter Weg.) Walker hat mit seiner mächtigen Batterie von 160 Daniell'schen Zellen folgenden Versuch angestellt. (*Transact. of the Lond. electr. soc.*, *p.* 65, 71. — Poggend. Ann., Bd. 55, S. 62.) Er legte die Polardrähte kreuzweise, doch so, dafs sie sich nicht berührten, sondern noch einen kleinen Zwischenraum zwischen sich liefsen. Sogleich ging ein glänzender Lichtstrom continuirlich durch die dünne Luftschicht; und dabei zeigte sich die auffallende Erscheinung, dafs der positive Draht von dem Kreuzpunkt ab bis zu seinem freien Ende (also selbst aufserhalb der Stromleitung) rothglühend wurde, erweichte, und sich umbog; während der negative Draht verhältnifsmäfsig kalt blieb.

21. (Dritter Weg.) Walker tauchte die Polardrähte in zwei Wassergefäfse, worin Thermometer standen; die Verbindung beider Wasser geschah durch einen capillaren Docht. Das, worin der positive Draht tauchte, zeigte immer eine höhere Temperatur als das andere.

22. In jeder Weise also bestätigt sich der *Ursprung der elektrischen Wärme am positiven Pol.* Diese Ver-

suche zu vervielfältigen, und unter abgeänderten Umständen zu wiederholen, so wie in anderen bekannten Thatsachen dasselbe Naturgesetz nachzuweisen, bleibt fortwährend Aufgabe der Untersuchung.

23. Es ist bekannt, dafs die elektrische Wärme, die ja selbst nichts anders ist, als eine partielle Lösung der Cohäsion, von einer mechanischen Wirkung der Elektricität begleitet wird, welche eine directe Aufhebung des Zusammenhangs bewirkt, von der blofsen Auflockerung an bis zur Zersprengung und Zerstäubung. So eben (in Poggend. Ann., Bd. 65, S. 481) ist hierüber eine treffliche Untersuchung von Riefs erschienen, worin er die gleichzeitig thermischen und mechanischen Wirkungen der Elektricität auf den metallischen Leiter, von der leisesten Erregung an bis zum heftigsten Schlag, so beschreibt: der Draht wird warm, er wird erschüttert, er erhält Einbiegungen, er glüht, er reifst von seinen Befestigungen ab, er zersplittert, er schmilzt, er zerstäubt.

24. Nun diese *Trennung des Zusammenhangs*, dieser mechanische Effect, der mit dem thermischen so innig verbunden ist, tritt gleichfalls da auf, wo dieser stattfindet, — *an der Anode,* und ist Function der positiven Polarität.

25. Von dieser Thatsache hat schon die Technik Gebrauch gemacht, und zwar auf magnetelektrischem Wege. Pring nämlich (Dingler's polyt. Journ., Bd. 90, S. 181) radirte auf einer gehärteten Stahlplatte, indem er diese mit dem positiven Pol einer Voltasäule verband, eine Drahtspirale in die Kette brachte, und mit einer Radirnadel aus Platin, die mit dem negativen Pol verbunden war, den Contact bewirkte. Stahltheilchen springen bei jeder Aufhebung der Berührung aus der Platte. Wurden die Pole umgekehrt, so war der Funke mit Absetzung von Theilchen der Nadel auf die Stahlplatte begleitet.

26. Deutlicher noch, und im gröfsten Maafsstab, sieht man dieses Phänomen der Zerstäubung und Gluth

im Feuerstrom zwischen Kohlen-Elektroden am positiven Pol hervortreten. Seit Davy mit seiner colossalen Batterie von 1250 Paaren diesen Feuerstrom von 4 Zollen Länge, und in verdünnter Luft von 6 Zollen, darstellte, bestätigten wiederholte Versuche, selbst in kleinerem Maafsstab, dafs derselbe den höchsten darstellbaren Grad von Licht und Wärme hervorruft. Dabei sah man constant, dafs die positive Kohle an ihrer Spitze zerstäubt wird, und die glühenden Kohlentheilchen mit dem Strom hinübergeführt werden zum negativen Pol, so dafs an der Anode eine Vertiefung, an der Kathode ein Auswuchs angehäufter Kohlentheilchen entsteht. An der Anode ist die Gluth und das secundäre Licht extensiv und intensiv am stärksten. (Fizeau und Foucault in den *Ann. de Chim. et de Phys., Sér. III, T. XI.* — Poggend. Ann., Bd. 63, S. 469.)

27. Weit leichter noch, als die Kohle, verdampft, zerstäubt und brennt das flüssige Quecksilber. Bringt man ein Tröpfchen zwischen die Pole des Magnetelektromotors, so sieht man, selbst bei schwacher Elektricität, bei jeder Trennung der Elektroden blendend weifses Licht und aufsteigenden Quecksilberdampf, und zwar bei jeder Richtung der Elektricität. Selten gelingt es hier, durch das Mikroscop das Leuchten der Kathode zu unterscheiden, weil theils Quecksilbertheilchen sich an die gegenüberstehende Elektrode anhängen, theils der Dampf glüht und secundäres Licht giebt, welches mit der Gluth sich auf den andern Pol fortpflanzt. Es ist daher zur Untersuchung der Polarphänome diese schöne Erscheinung wenig brauchbar. In dieser Beziehung sind Versuche mit festen Metallen, wie der erwähnte von Walker (20.) weit instructiver.

28. Wie nun die positive Elektricität zerstäubt und verflüchtigt, so wirkt *die negative Elektricität gestaltend und verdichtend.* Die amorphe Kohle, an der Anode zerstäubt und glühend zur Kathode hinübergeführt, verdich-

tet sich hier zu specifisch schwererem, der Krystallisation fähigem Graphit. Die Rufsdendriten, welche sich beim Durchströmen einer Flamme bei starken Batterien an die Kathode anlegen, gehören gleichfalls hierher. Vielleicht auch das Krystallisationslicht, welches manchen Körpern eigen ist, als Symptom negativer Elektricität. Auch in der hydroelektrischen Kette wird an der Anode der Zusammenhang des Metalls durch Oxydation aufgehoben, an der Kathode wieder hergestellt und in Krystallvegetation gestaltet. Die positive Elektricität ergreift den Leiter mit ihrer erhitzenden und zersprengenden Gewalt in der Tiefe seiner Substanz; die negative wirkt leuchtend und gestaltend nur auf seine Oberfläche.

29. Der experimentalen Untersuchung bleibt zur vollendeten Durchführung des Gegensatzes eine Frage an die Natur vorbehalten: ist der Ursprung der wärmenden Kraft so ganz auf den positiven Pol beschränkt, dafs jede Temperaturerhöhung am negativen blofs eine von jenem hergeleitete ist? Und wenn die angeführten Thatsachen diefs sehr wahrscheinlich machen, dürfen wir nicht einen Schritt weiter gehen, und *in der Function der negativen Elektricität eine temperaturerniedrigende Kraft vermuthen?* Freilich könnte diese, schon wegen der Reaction der positiven Wärme, nur in einer flüchtig vorübergehenden und leisen Spur sich äufsern. Aber seit es dem scharfsinnigen Peltier gelungen ist, eine solche Spur von Erkältung nachzuweisen an der Berührungsstelle thermoelektrischer Metalle, wenn in einer bestimmten Richtung ein elektrischer Strom durch sie geht, ist die Möglichkeit eines Gelingens auch hier zu hoffen. Der Naturforscher darf nicht zwischen den Zeilen lesen, aber er darf zwischen den Zeilen suchen.

III. Ueber die Polarität von Licht und Wärme.

30. Wärmefreies Licht und lichtlose Wärme in den elektrischen Phänomenen zu erkennen, ist ein ideales

Problem der Wissenschaft. Aber nur in den Anfängen elektrischer Erregung, beim *status nascens* dieser Thätigkeiten, gelingt es mit empirischem Erfolg. Steigt die Energie der Erregung, so erzeugt die Gluthhitze an der Anode selbst secundäres Licht, und durch Wärmeleitung wird die kaltleuchtende Kathode in das Mischungsphänomen gezogen. So kamen wir auf Erscheinungen, bei welchen es schwer wurde, Licht und Wärme, so wie das causale Wirken der Elektricitäten in ihnen, gesondert zu unterscheiden. Aber bei der Untersuchung der Wärmephänomene wurden Erscheinungen der negativen Elektricität durch solche, die der positiven angehören, klarer. Und so müssen wir auch noch ferner Manches, was dorthin gehört, hier nachträglich behandeln.

31. Eine andere ideale Aufgabe ist es, Licht und Wärme in ihrer radicalen Einheit zu untersuchen. Jede polare Naturkraft ist in sich identisch und zugleich different. Niemals erscheint die eine Richtung ihrer Thätigkeiten ohne die andere. Beide sind nicht blofs nicht darstellbar, sie existiren gar nicht isolirt. Von dieser höheren *Einheit* müssen wir die *Vermischung* in den complicirten Phänomen genau unterscheiden.

32. Für diese zweite Aufgabe findet sich nicht leicht ein Anknüpfungspunkt in der elektrologischen Untersuchung. Es ist daher nöthig, auf eine verwandte Erscheinung hinzudeuten, auf das prismatische Farbenbild. Hier, also im Licht selbst, differenziren sich leuchtende und wärmende Strahlen, so wie dort aus der Wärme sich Licht entwickelt. Die Phosphorescenz der Leuchtsteine sehen wir durch die wärmenden blauen Strahlen erregt werden, durch die leuchtenden rothen erlöschen. (Poggend. Ann., Bd. 64, S. 334.) Und diesen schroffen Gegensatz löst die Undulationstheorie durch dessen Zurückführung auf eine blofse Verschiedenheit der Wellenlänge.

33. Das bedeutendste Mischungsphänomen von Licht und Wärme ist die elektrische *Feuerflamme*. „Flamme ist

brennendes Gas," so lautet die gewöhnliche Definition; und von solchen Flammen bieten alle Erregungsarten der Elektricität Beispiele genug dar. Denn wo die elektrische Entladung mit beträchtlicher Energie wirkt, zerstäubt sie nicht blofs das Metall in glühende Theilchen, die man Funken nennt, — diese zünden noch keine Weingeistdämpfe, — sondern sie verdampft es selbst mit Aenderung des Aggregatzustandes, und der Dampf verbrennt als Flamme. So wirkt die Leydner Flasche, so die Voltasäule, so die durch eine grofse Batterie erregte Magnetelektricität. Mit meinem Magnetelektromotor, erregt durch 6 Grove'sche Paare, sah ich heftige Metallverbrennungen, welche angenäherten Weingeist entzündeten. Stöhrer beschreibt die Verbrennungserscheinungen an seiner aus drei Stahlmagneten bestehenden Maschine so. (Poggend. Ann., Bd. 61, S. 424.) „Wenn man die Spiralenden hintereinander (also ungleichnamig, zur Vermehrung der Intensität) in den Commutator einmündet, so giebt Stahl auf Stahl Funken in länglich abgerundeter Gestalt, deren Mittelpunkt lebhaft bläulich, weifsglänzend mit einem gelblichen und endlich mit einem röthlichen Saum umgeben ist. Ein Verbrennen der Stahltheilchen findet hier noch nicht statt, stellt sich aber sogleich lebhaft und mit starkem Geräusch und Sprühen der Funken ein, wenn man die Spiralen einzeln (gleichnamig, zur Quantitätserhöhung) mit dem Commutator verbindet; .... diese Funken entzünden Weingeist." — Auch der Feuerstrom zwischen den Kohlenelektroden (26.) ist eine solche Flamme; eben so der im Walker'schen Versuch (20.).

34. Aber es giebt auch *kalte Flammen*, nämlich leuchtende Gase mit so geringer Wärme, dafs sie nicht zünden. Wenn Phosphor im Dunkeln ganz schwach gerieben wird, so leuchtet er, und es steigt ein leuchtender Dampf auf. So schwach dessen Licht, so schwach ist dessen Wärme. Beide sind einer weit höheren Intensitätsstufe fähig, aber erst bei der Entzündung, oder

bei starker Reibung, geht die sogenannte langsame Verbrennung in die weit schnellere wirkliche über. Jenes ist ein primäres Licht, nicht von einem Glühen hervorgebracht. Allerdings ist es von Oxydation begleitet, aber nicht deren Product. Man thut dem Sprachgebrauch Gewalt an, wenn man jede Oxydation Verbrennung nennt. Aehnliches Leuchten gasartiger Substanzen mit einem Minimum von Wärme und Oxydation kommt auch sonst vor.

35. Eine solche kalte Flamme nun ist die, welche wir im Fundamentalphänomen als Lichthülle der Kathode sehen (10.). Diese leuchtende Substanz hat eine zwar sehr geringe, aber doch sichtbare und mefsbare Dicke. Ihr Leuchten kommt unstreitig von der Elektricität her; ihr Daseyn aber nicht. Es ist mir wahrscheinlich, dafs jedes feste Metall von einer *gasartigen Atmosphäre* in einer sehr dünnen Schicht umgeben ist, und dafs von dieser der specifische Geruch mancher Metalle kommt. Von dem Metall ist sie wohl nur durch den Aggregatzustand verschieden. Aber die Elektricität, durch welche sie an der Stelle, wo diese am stärksten wirkt, leuchtend und sichtbar wird, kann so schwach seyn, dafs sie weder durch Wärme, noch durch Aufhebung der Cohäsion eine solche Verdampfung zu bewirken vermag.

36. Durch eine solche Metallatmosphäre erklärt sich auch eine eigene Erscheinung. Ich habe nämlich aufser dem Platin und Stahl, deren Farbenlichter ich oben beschrieben habe (nämlich weifses Spitzenlicht, violette Flamme), noch mit Zink und Kupfer experimentirt. Zink giebt ein blaues Licht; aber auch dem Platin, wenn dieses auf ihm vibrirt und als negativer Pol leuchtet, theilt es die blaue Farbe mit. Kupfer giebt ein grünes Licht, und theilt es ganz ebenso dem Platin mit; auch dem Stahl.

37. Was das Spitzenlicht betrifft (9.), so ist das, was leuchtet, unstreitig das Metall selbst, seine feste Oberfläche. An eine elektrochemische Zersetzung des Wasser-

gases in der Luft, oder gar der Luft selbst, ist beim ganzen Lichtphänomen gar nicht zu denken. Beide leiten viel zu schlecht, als daſs eine so schwache Elektricität wie die, welche hier Licht bewirkt, sie durch Induction zum Selbstleuchten bringen könnte. Das primäre Lichtphänomen am negativen Pol ist ein so selbstständiges, ursprüngliches, wie es bei der Wasserzersetzung das Auftreten der beiden Gase an den Polen ist.

38. Ganz anders verhält es sich mit dem Licht, welches die *Frictionselektricität* zeigt. Diese hat eine so hohe Spannung, daſs sie die schlechtesten Leiter durch Induction elektrisirt. Wenn also beim elektrischen Strahlenbüschel das Licht an der positiven Elektrode vorherrscht, so ist es die negativ elektrische Luft, welche leuchtet. Wenn man den Versuch in verdünnter Luft anstellt, so expandirt sich deſswegen das Licht mit der Luft. Auch bringen deſswegen verschiedene Gasarten ein verschiedenfarbiges Licht hervor.

39. Ich habe den Lichtversuch am Magnetelektromotor gleichfalls *in verdünnter Luft* experimentirt. Hier vergröſsert sich die violette Flamme auf das Sechs- bis Achtfache, und vermindern sich die weiſsen Spitzenlichter. Der Leitungswiderstand der metallischen Oberfläche wird also durch Verdünnung der isolirenden Luft vermindert, und eben so der der Metallatmosphäre.

40. Auch in trockenem *kohlensauren Gas* habe ich diesen Versuch angestellt. Hier ist die Erscheinung eine milchweiſse Flamme. Man könnte sie für dichtgedrängte Spitzenlichter halten, aber sie überragt die Elektrode, sowohl die flache als die conische. Ihre Gröſse ist beträchtlich geringer als in atmosphärischer Luft, der Leitungswiderstand also vermehrt. — Bei diesem und dem vorigen Versuch läſst sich nur die Loupe anwenden, wegen der Glasglocke.

41. Wenn nun also die negative Elektricität das Licht, die positive die Wärme hervorruft, so kann die

Fra-

Frage entstehen: Sind Licht und Wärme überall elektrischen Ursprungs? Diefs zu bejahen, wäre derselbe Irrthum, wie der, welcher die chemischen, die magnetischen Erscheinungen überall für ein blofses Ergebnifs elektrischer Strömung ansieht. Die grofsen kosmischen Kräfte stehen in inniger Verwandtschaft und Wechselwirkung; sie bedingen sich gegenseitig, aber sie individualisiren sich zugleich zu unabhängigem Daseyn. Sie sind nicht nach einem starren Gesetze verkettet, so dafs ein Glied immer nur von einem höheren getragen wäre; in lebendigem Wechsel ist hier die eine der anderen, dort diese jener untergeordnet. Die Pole der zersetzenden Kette rufen Acidität und Basicität hervor, aber auch unabhängig davon sind diese Charactere in den materiellen Substanzen isolirt und verkörpert. Eben so ist die magnetische Erregung, welche jeden elektrischen Blitz und Strom transversal begleitet, beim permanenten Magneten der Materie durch Coercitivkraft einverleibt. Selbst wenn der Magnet elektrischen Ursprungs war, verliert er in seiner neuen Daseynsform den Charakter seiner Abkunft, und erst bei seinem Anwachsen und Vergehen gewinnt er ihn wieder. So sind auch Licht und Wärme bald abhängig von elektrischen Vorgängen, bald unabhängig von ihnen, frei und selbstständig, ja zurückwirkend auf sie. Und wie die elektrischen Pole sich gegenseitig bedingen, so rufen auch Licht und Wärme sich gegenseitig hervor; obgleich sie auch wieder selbstständig sind und unabhängig von einander vorkommen. In der Reihe fundamentaler Thatsachen, in welche diese Wechselverhältnisse sich gestalten, fehlt jetzt der Wissenschaft nur noch Eine: die, welche das Umkehrungsphänomen, nämlich die Erregung elektrischer Polarität durch das Licht, nachweist. Hier ist die Gränze, wo eine noch unbekannte Region beginnt; allein nichts deutet an, dafs hier ein Widerspruch gegen das Gesetz, welches in der bekannten herrscht, sich erheben könne. Obgleich in das

bisher Erörterte nicht wesentlich eingreifend, schien diese Lücke mir dennoch hier einer Erwähnung zu bedürfen, um zu experimentaler Untersuchung in dieser Richtung anzuregen.

42. Ich glaube nachgewiesen zu haben, dafs die gewöhnliche Vorstellung, die elektrische Lichterscheinung entstehe durch einen vom positiven zum negativen Pol überschlagenden Funken, irrig ist; dafs sie vielmehr immer am negativen Pol entsteht und dessen ursprüngliche Function ist; dafs dieses Licht das primäre, von der Wärme unabhängige, ist; dafs der Ursprung der Wärme und die Aufhebung der Cohäsion dem positiven Pol angehört; dafs diese Function, wenn sie sich höher steigert, in's Glühen übergeht, als solche secundäres Licht entwickelt, Theilchen der Anode zum negativen Pol überführt, und diesen durch die Wärmeleitung selbst ergreift, so dafs Licht und Wärme nicht in ihrer Entstehung, sondern erst in ihrer Steigerung sich zur Feuererscheinung vermischen. Das Licht überall von der Wärme, die Function des negativen Pols von der des positiven herzuleiten, diese Ansicht ist eben so einseitig als die, welche die Entstehung der Contactelektricität von der Function des positiven Metalls herleitet. Beide Factoren sind dort wie hier vollkommen ebenbürtig.

Frankfurt a. M., 20. Juni — 30. August 1845.

VI. *Ueber die Anwendung des elektrischen Funkens zu Geschwindigkeitsmessungen;*
von Werner Siemens,
Lieutenant in der Königl. Preufs. Artillerie.

(Gelesen in der physikalischen Gesellschaft zu Berlin am 3. Oct. 1845.)

Es hat sich neuerdings ein Prioritätsstreit über die Idee, die Bewegungsgeschwindigkeit der Projectile mittelst des galvanischen Stromes zu messen, erhoben. Aus den dort gemachten Zeitangaben ergiebt sich jedoch, dafs in der preufsischen Artillerie schon viel früher ein derartiger Plan aufgestellt und in's Leben gerufen wurde. Da der zu diesem Behufe gefertigte und noch jetzt im Gebrauch befindliche Apparat noch in keiner wissenschaftlichen Zeitschrift beschrieben, wenn auch seiner Zeit in einigen Tagesblättern ausführlich besprochen ist, so werde ich einige Worte über den Ursprung und die erste Ausführung der Idee, die Bewegungsgeschwindigkeit der Geschosse mit Hülfe des galvanischen Stromes, und namentlich des Elektromagnetismus, zu messen, vorausschicken. Die Richtigkeit dieser Angaben würde sich sowohl durch die Acten der betreffenden Behörde, wie durch die einigen fremden Gesandten, namentlich den französischen und russischen, auf ihr Ansuchen gemachten offiziellen Mittheilungen über diesen Gegenstand erweisen lassen.

Der grofse Werth, welchen die genaue Bestimmung der Anfangsgeschwindigkeit der Geschosse für die Artillerie hat, und die grofsen Mängel, welche den bisher zu diesem Behufe benutzten Instrumenten, und namentlich dem Ballistischen Pendel, anhaften, veranlafsten die Artillerie-Prüfungs-Commission zu Berlin zur Betretung eines ganz verschiedenen Weges, nämlich der directen Messung der Flugzeit des Projectils, mittelst eines elektro-

magnetischen Apparats. Schon im Jahre 1838 war dieser Plan von der genannten Commission vollständig ausgearbeitet. Er bestand darin, dafs eine Uhr erbaut werden sollte, welche sich zur Angabe sehr kleiner Zeittheile eignete und durch magnetische Kraft engagirt und arretirt werden könnte. Der hiesige Uhrmacher Hr. Leonhard ward mit dem Bau derselben beauftragt und begann ihn im Februar 1839. Die grofsen technischen Schwierigkeiten, welche sich der Anfertigung einer solchen, die Ablesung von $\frac{1}{1000}$ Secunden gestattenden Instrumentes entgegensetzten, machten bedeutende Modificationen des ursprünglichen Planes und viele zeitraubende Versuche erforderlich. Dem Eifer und der grofsen Geschicklichkeit des Hrn. Leonhard gelang es indefs, diefs Werk endlich zur völligen Zufriedenheit und so herzustellen, wie es noch jetzt bei den Versuchen der Artillerie-Prüfungs-Commission in Gebrauch ist. Im Wesentlichen besteht es aus einem conischen Pendel, welches durch ein Uhrwerk in kreisförmiger Schwingung erhalten wird. — Ein Beobachtungszeiger kann durch Bewegung eines Hebels mit diesem in stetem und gleichförmigem Gange befindlichen Uhrwerk verbunden, und ebenso wieder von ihm getrennt und festgestellt werden.

Diese Engagirung und Arretirung des Beobachtungszeigers suchte man bei den im Jahre 1842 mit dieser Uhr angestellten Versuchen dadurch zu bewerkstelligen, dafs die Kugel beim Hinaustreten aus der Mündung des Geschützes einen elektrischen Strom herstellte, durch welchen der Magnetismus eines Elektromagneten erregt und der Anker angezogen wurde. Durch die Bewegung des Ankers wurde der Beobachtungszeiger mit dem im Gange befindlichen Uhrwerk verbunden und daher in Bewegung gesetzt. — Wenn die Kugel am Ziele anlangte, so wiederholte sich dasselbe Spiel mit einem zweiten Elektromagneten, wodurch der Zeiger wieder vom Uhrwerk getrennt und festgestellt wurde.

Man gewann indefs bald die Ueberzeugung, dafs die auf diesem Wege erzielten Zeitangaben nie den Grad von Genauigkeit erreichen würden, welchen die Construction der Uhr gestattete. Der Grund lag einmal darin, dafs die Kugel nicht direct die galvanische Kette herstellen konnte, und zu diesem Ende mechanische Zwischenglieder eingeschaltet werden mufsten, welche nothwendig Fehlerquellen mit sich führten, und zweitens darin, dafs die Erregung des Magnetismus nicht momentan mit der des Stromes erfolgt, und dafs seine Intensität von der Stärke desselben abhängt, und daher nie vollkommen constant ist. Die Bewegung des Ankers wird daher auch nicht immer in demselben Zeitabschnitt nach der Erregung des Stromes beginnen, und aufserdem die zur Durchlaufung seines Weges erforderliche Zeit verschieden seyn.

Diefs veranlafste mich schon damals zu dem Vorschlage zur Engagirung und Arretirung des Beobachtungszeigers, anstatt des Elektromagnetismus, den elektrischen Funken zu benutzen. Diefs liefs sich auf verschiedene Weise ausführen. Die Federn, durch deren Freiwerden der Zeiger engagirt und arretirt wurde, konnten durch äufserst fein gezogene Platindrähte gespannt werden, welche durch hindurchschlagende Funken nach einander geschmolzen wurden; oder diefs konnte durch Seidenfäden geschehen, welche durch einen permanenten Strom von Wasserstoff oder einen mit Knallgas gefüllten Raum hindurch gingen und durch die Entzündung des Gases durch den elektrischen Funken verbrannt wurden. Auch konnten die, die Engagirung und Arretirung des Zeigers bewirkenden Hebel durch die mechanische Wirkung der Explosion des Knallgases direct in Bewegung gesetzt werden.

Die Artillerie-Prüfungs-Commission ging jedoch auf meinen Vorschlag nicht ein, weil ihr die Isolirung langer Leitungsdrähte, besonders bei nicht ganz günstiger Witterung, zu schwierig schien. Sie adoptirte dagegen die

von Himly in Göttingen zuerst vorgeschlagene und von mir gleichzeitig mit meinem Plane zu ihrer Kenntnifs gebrachte Unterbrechung des galvanischen Stromes durch die Kugel unmittelbar, jedoch benutzte sie dieselbe in ganz anderer Weise, wie Himly es vorschlug. Dieser wollte nämlich durch die Unterbrechung der Hauptleitung einer starken galvanischen Kette den ganzen activen Strom einer Nebenleitung zuwenden, dadurch einen feinen in dieselbe eingeschalteten Platindraht schmelzen und hierdurch den Beobachtungszeiger engagiren. Die Commission behielt dagegen den Elektromagnetismus bei, jedoch unter der wesentlichen Modification, dafs die Engagirung und Arretirung des Beobachtungszeigers nicht mehr wie früher durch die Herstellung eines Stroms, sondern durch die Unterbrechung desselben und das damit verbundene Abfallen der Anker der Elektromagneten geschehen sollte.

Die mit der so ausgerüsteten Uhr, namentlich im Sommer 1844, angestellten Beobachtungen gaben im Allgemeinen befriedigende Resultate, da der variable Fehler selten einige Tausendtheil-Secunde überstieg. Vollkommen fehlerfreie Resultate werden sich jedoch auch auf diesem Wege nicht erzielen lassen, weil die magnetische Kraft nicht plötzlich mit der Unterbrechung des Stromes aufhört, oder auch nur bedeutend vermindert wird. Es kann diefs nur in einer mehr oder weniger steilen Curve geschehen. Wenn daher auch ein Anker, der die Gränze der Tragkraft des Magneten beinahe erreicht, scheinbar momentan mit der Unterbrechung des Stromes abfällt, so mufs doch immer eine, von der Stärke des Stromes, so wie auch von der Dauer seiner Einwirkung auf den geschlossenen Magneten abhängige Zeit verfliefsen, bis diefs eintritt. Ja selbst wenn die Schwere des Ankers die Tragkraft vollständig erreichte, könnte er doch nicht momentan abfallen, weil im Augenblicke der Unterbrechung der Strom und mithin auch die Anziehungskraft des Magne-

ten, durch die inducirende Wirkung der Drahtwindungen auf einander, noch ansehnlich vermehrt wird.

Wheatstone und Breguet wenden bei ihren neuerdings bekannt gemachten Apparaten, anstatt einer Uhr als Zeitmesser, einen rotirenden Cylinder an. Sie lassen die Anker der Elektromagnete direct auf denselben hinabfallen und erhalten dadurch Marken auf seiner Oberfläche, deren lothrechter Abstand von einander ihnen das Maafs der zwischen der Unterbrechung der beiden Ströme verflossenen Zeit giebt.

Es ist einleuchtend, dafs ein Cylinder sich durch Verbindung mit einem conischen Pendel in weit gleichmäfsigere und schnellere Rotation versetzen läfst, wie ein Beobachtungszeiger, der plötzlich in Bewegung gesetzt und dennoch sehr leicht und zart construirt werden mufs, damit seine Masse keine merkbaren Störungen verursacht. Durch das directe Hinabfallen der Anker auf den Cylinder ist ferner abermals ein mechanisches Zwischenmittel zwischen dem Geschosse und dem Zeitangeber beseitigt, also auch eine Fehlerquelle weniger vorhanden. Indefs sind dagegen andere Uebelstände mit diesen Apparaten verknüpft, die ihre Vorzüge vor dem hier angewendeten mindestens sehr fraglich machen. Es können nämlich bei jenen nur sehr leichte Anker angewendet werden, die sowohl hinsichtlich der Zeit ihres Abfallens, wie auch während des Falles selbst, störenden Einflüssen weit mehr ausgesetzt sind, wie schwere. Doch auch möglichst leichte Anker werden im Augenblicke des Stofses auf den Cylinder eine beträchtliche Reibung erzeugen, welche störend auf die gleichförmige Bewegung desselben einwirkt. Der Cylinder selbst mufs sehr lang und verhältnifsmäfsig schwer werden, und seine Axen eine entsprechende, der gleichförmigen und schnellen Rotation nachtheilige Dicke erhalten. Eine weit gröfsere Fehlerquelle liegt aber noch in der Verschiebung des Cylinders oder der Magnete während der Messung. Denn da dieselbe erst kurz vor-

her beginnen kann, so mufs die jetzt eintretende Bewegung einer beträchtlichen Masse, die nur auf Kosten der Drehungsgeschwindigkeit des Cylinders entstehen kann, nothwendig bedeutende Störungen in der Gleichmäfsigkeit der letzteren herbeiführen, die noch durch die beträchtliche Reibung in den Schraubengewinden vergröfsert werden. Die Resultate der Messungen mittelst eines solchen Instruments können daher auch nur sehr unsicher seyn.

Wenn indefs auch die Anwendung eines rotirenden Cylinders in Verbindung mit Elektromagneten mit grofsen Uebelständen verknüpft ist, so würde doch ein solcher, wenn er sehr kurz und leicht gefertigt worden, und ganz frei rotiren könnte, einen sehr vollkommenen Zeitangeber bilden.

Diefs bewog mich, meinen früheren Plan, den elektrischen Funken zur Geschwindigkeitsmessung zu benutzen, wieder aufzunehmen, und die Uhr durch einen rotirenden Cylinder zu ersetzen. Mein Bestreben war dabei, jedes mechanische Zwischenelement zwischen der Kugel und dem Zeitangeber zu beseitigen, den Funken sich also direct auf dem Cylinder markiren zu lassen. — Eine Reihe von Versuchen, die ich mit verschiedenen Metallen und Ueberzügen anstellte, um eine scharf begrenzte und leicht erkennbare Marke durch einen überspringenden Funken zu erhalten, liefs mich einen polirten Stahlcylinder ohne jeden Ueberzug als das Angemessenste erkennen. — Jeder, wenn auch noch so schwache Funke, macht auf polirtem Stahl einen scharf begrenzten und deutlich sichtbaren Punkt. Er ist anfangs schwärzlich gefärbt von abgelagertem Eisenoxyd, tritt aber, wenn diefs durch Abwischen entfernt ist, viel deutlicher als heller unter dem Mikroskop sichtbar vertiefter Fleck hervor.

Die Construction des hierauf begründeten elektrischen Chronoskops ist nun folgende:

Ein sorgfältig gearbeiteter und getheilter Stahlcylinder, dessen Schwerpunkt im Quecksilberbade genau cen-

trirt ist, wird durch ein Getriebe mit einem conischen Pendel in Verbindung gesetzt, und durch dasselbe in schneller und gleichmäſsiger Rotation erhalten. Seiner Peripherie möglichst nahe ist eine isolirte Metallspitze angebracht, welche mit der inneren Belegung einer geladenen Leydner Flasche communicirt. — Von dem ebenfalls isolirten Cylinder und der äuſseren Belegung der Flasche ausgehend, führen zwei Metalldrähte, in einem die Schlagweite des Funkens übersteigenden Abstande, vor der Mündung des Geschützes vorbei, und sind hinter derselben befestigt. Wenn die Kugel aus der Mündung des Geschützes tritt, so trifft sie die beiden Drähte und stellt in diesem Augenblicke die leitende Verbindung des Cylinders mit der äuſseren Belegung der Flasche durch ihre eigene metallische Masse her. Der jetzt überspringende Funke markirt sich auf der Oberfläche des rotirenden Cylinders. Einige Fuſs von der Mündung des Geschützes entfernt ist ein zweites Drahtpaar eben so wie das erste angebracht, von denen der eine ebenfalls mit dem Cylinder, und der zweite mit der äuſseren Belegung einer zweiten Flasche communicirt, deren innere Belegung wie die der ersteren mit der Spitze verbunden ist. Der zweite Funke muſs daher auf den Cylinder überspringen, wenn die Kugel den Abstand der beiden Drahtpaare von einander durchlaufen hat und das zweite Paar trifft; der Abstand der Punkte von einander ist dann das Maaſs der dazu verbrauchten Zeit.

Gesetzt nun, der Cylinder wäre in Tausend Theile getheilt und rotirte 10mal in der Secunde um seine Axe, so würde einem Abstande der Punkte von 1 Theilstrich eine Zeit von 0,0001 Secunden entsprechen. Mit Hülfe eines Nonius lassen sich aber noch 10 Unterabtheilungen bequem ablesen, wenn die Funken schwach gehalten sind, wodurch die Genauigkeit der Messung sich auf 0,00001 Secunden steigert. Ein Fehler in der Zeitangabe ist dabei kaum möglich, und könnte nur in einer Unregelmäſsig-

keit der Drehung des Cylinders seinen Grund haben. Durch eine grofse Drehungsgeschwindigkeit wird aber der nachtheilige Einflufs etwaniger Fehler des Räderwerks, die sich bei langsamer Bewegung vollständig auf die Drehung des Cylinders übertragen würden, compensirt. Da sich bei dieser Schärfe der Zeitangabe noch eine Bewegung des Geschosses um $\frac{1}{100}$ Fufs auf dem Cylinder ablesen läfst, so würde es unnöthig seyn, die Flugzeiten während eines gröfseren Theils der Gesammtbahn desselben zu messen, wie es bei Anwendung des Elektromagneten, des beträchtlichen variabelen Fehlers wegen, erforderlich ist. Man gewinnt dadurch in mehrfacher Beziehung. Einmal kann die Anfangsgeschwindigkeit direct gemessen werden, da die Abnahme der Bewegungsgeschwindigkeit des Geschosses in den ersten 5 bis 10 Fufs noch kaum merkbar seyn wird. Ferner kann man ohne Schwierigkeiten zwei kurze hinter einander folgende Stücke der Flugbahn gleichzeitig messen, um dadurch eine Controle der Zeitangabe zu erhalten. Man braucht zu diesem Ende nur ein drittes Drahtpaar, welches mit einer dritten, eben so wie die beiden anderen, mit der Spitze verbundene Flasche communicirt, in der Schufslinie zu placiren. Endlich erreicht man dadurch noch den Vortheil, dafs die zu messenden Zeiten stets geringer sind, wie die zu einer halben Umdrehung des Cylinders erforderliche. Es ist defswegen auch nicht nöthig eine Verschiebung der Spitze oder gar des Cylinders stattfinden zu lassen, um die Umdrehungen zählen zu können, und zu wissen, welches der erste Punkt ist. Ferner ist es auch unnöthig dem Cylinder eine beträchtliche Länge zu geben, und nach jedem Schusse denselben anzuhalten, um das Resultat abzulesen. — Die Spitze braucht nur nach jedem Schusse in der Richtung der Axe des Cylinders etwas verschoben zu werden. Hierdurch werden die Punkte in einen neuen Kreis gebracht und können von den früheren leicht unterschieden werden. Die Fähigkeit, kleine

Zeitintervallen mit Genauigkeit zu messen, macht diefs Instrument noch zu einer anderen Versuchsreihe anwendbar, welche für die Theorie der Schufswaffen von grofser Bedeutung werden wird. Es ist diefs das Messen der Geschwindigkeit des Geschosses in den verschiedenen Abschnitten seiner Bahn im Geschütze selbst. Man braucht zu diesem Ende nur in verschiedenen Abständen Löcher in's Geschütz zu bohren und isolirte Leitungsdrähte hindurch zu führen, die mit den äufseren Verlegungen der Flaschen communiciren, während das Geschütz mit dem Cylinder in leitende Verbindung gebracht ist.

Bei allen diesen Messungen kann das Instrument in einem Zimmer dicht bei dem Geschütze, und dieses selbst mit den Leitungsdrähten ebenfalls in einem bedeckten Raume stehen.

Die Isolirung der Drähte würde daher bei einigermafsen günstiger Witterung, die man ja immer zu derartigen wissenschaftlichen Untersuchungen abwarten kann, keine Schwierigkeit haben. Eben so würde bei den vorgeschlagenen geringen Entfernungen das Treffen der einzelnen Drahtpaare nicht gefährdet seyn. Um Letzteres auch auf gröfsere Entfernungen zu sichern, kann man auch einen Rahmen, in welchem parallele Drähte ausgespannt sind, anstatt eines einzelnen Drahtpaares in die Schufslinie bringen. Die Drähte werden abwechselnd mit einander verbunden, so dafs z. B. der 1ste, 3te, 5te etc. mit dem Cylinder, der 2te, 4te, 6te etc. mit der äufseren Belegung der Flasche communicirt. Die Kugel mufs dann stets mit zwei nach einander folgenden Drähten gleichzeitig in Contact kommen, und dadurch das Ueberspringen des Funkens veranlassen.

Zur Messung der Zeiten, welche das Geschofs zur Durchlaufung sehr grofser Theile seiner Gesammtbahn gebraucht, würde das Instrument in der beschriebenen Form indefs kaum anwendbar seyn, da die Isolirung so langer Drähte immer mit grofsen Schwierigkeiten verknüpft

seyn würde. Zu diesem Behufe würde es vortheilhafter seyn, sich des Inductionsfunkens anstatt des Funkens der Flasche zu bedienen. Diefs liefse sich auf folgende Weise bewerkstelligen:

Ein aus isolirten Drähten bestehender Eisenkern wird mit zwei besponnenen Drähten umwunden, von denen der eine dickere der Schliefsungsdraht einer starken galvanischen Kette ist, und vor der Mündung des Geschützes vorbeiführt. Die Enden des zweiten dünnen und längeren Drahtes werden mit dem rotirenden Cylinder und der Spitze, die dem Cylinder so nahe wie möglich gebracht wird, verbunden. Bei der Unterbrechung der Kette durch die Kugel springt dann ein Funke auf den Cylinder über, der sich ebenfalls, wenn auch bedeutend schwächer und undeutlicher, auf dem Cylinder markirt. Dasselbe wiederholt sich mit einer anderen Inductionsrolle, wenn die Kugel, am Ziele angelangt, den Schliefsungsdraht einer zweiten Kette durchreifst.

Da sich die Empfindlichkeit des beschriebenen Apparats durch eine möglichst sorgfältige Anfertigung, genauere Theilung und schnellere Rotation des Cylinders und Benutzung sehr schwacher Funken noch bedeutend steigern lassen wird, so liefse er sich auch vielleicht mit Vortheil zu Messungen der Bewegungsgeschwindigkeit der Elektricität selbst benutzen. Zu dem Ende müfste der Cylinder aus zwei isolirten Scheiben oder Ringen, die auf derselben Axe rotiren, bestehen. Diesen Scheiben stehen zwei Spitzen gegenüber, die genau auf denselben Theilstrich eingestellt sind. Wird nun die eine dieser Spitzen mit der inneren Belegung einer geladenen Flasche verbunden, und ist die Verbindung der beiden Scheiben durch einen langen Leitungsdraht hergestellt, so wird, wenn die zweite Spitze durch einen eben so langen Draht mit der äufseren Belegung in Verbindung gesetzt wird, ein Funke zwischen beiden Scheiben und Spitzen überspringen. Der lothrechte Abstand der Punkte von einan-

der giebt dann die Zeit an, welche der Funke zur Durchlaufung der Hälfte des Gesammtweges gebrauchte.

VII. *Ueber ein Volumenometer;* *von Hrn. V. Regnault.*

(*Ann. de chim. et de phys., Ser. III, T. XIV, p.* 207.)

Ein französischer Physiker, Hr. Say, hat zuerst den Vorschlag gemacht, das Volum eines Körpers durch Messung des von ihm verdrängten Luftvolums zu messen [1]). Der von Say unter dem Namen *Stereometer* vorgeschlagene Apparat ist eine Art Glastrichter AB (Taf. I, Fig. 11), bestehend aus einer Kapsel A, in welche man den Körper legt, und einer Röhre B von möglichst gleichförmigem Durchmesser. Die Kapsel ist auf ihrem Rande abgeschliffen, damit sie durch eine schwach eingefettete Glasplatte hermetisch verschlossen werden kann. Auf die Röhre ist eine doppelte Scala geklebt; die eine giebt Längentheile der Röhre, die andere deren Volume.

Während die Kapsel offen ist, senkt man die Röhre bis zum Nullpunkt ihrer Scala in einen mit Quecksilber gefüllten Cylinder, und verschliefst nun die erstere durch die Glasplatte. Man hat alsdann ein Luftvolum V unter dem Druck H der Atmosphäre. Nun hebt man das Instrument; die Luft nimmt ein gröfseres Luftvolum $V+v$ ein, aber unter einem schwächeren Druck $H-h$, wo h an der Längenscala der Röhre b gemessen wird. Offenbar ist also:

$$\frac{V+v}{V}=\frac{H}{H-h}, \quad \text{woraus} \quad \frac{v}{V}=\frac{h}{H-h}.$$

1) *Ann. de chimie, T. XXIII, p.* 1. (Gilbert's Annal., Bd. 2, S. 230. *P.*)

Gesetzt nun, man wolle das Volum x eines Körpers messen. Hierzu bringt man denselben in den Behälter A, und verschliefst diesen durch die Platte. Da das Quecksilber des Cylinders dem Nullpunkt der Scala entspricht, so nimmt die Luft des Instruments das Volum $V-x$ unter dem atmosphärischen Druck H' ein. Man zieht das Instrument so weit heraus, bis es das Volum $V-x+v$ erfüllt, und man beobachtet nun eine gehobene Quecksilbersäule h'. Die Spannkraft der Luft ist also $H'-h'$, und man hat:

$$\frac{V-x+v}{V-x}=\frac{H'}{H'-h'}.$$

v ist durch den ersten Versuch bekannt; man kann also x aus der vorstehenden Gleichung herleiten.

Say's Verfahren kann in vielen Fällen mit Erfolg angewandt werden, wo man die auf ihre Dichtigkeit zu untersuchende Substanz nicht mit einer Flüssigkeit in Berührung setzen darf; diefs gilt von vielen organischen Substanzen, z. B. Satzmehl, Holz u. s. w., oder von Kunstproducten, wie Schiefspulver.

Apparate, auf dieselbe Methode gegründet, sind später von verschiedenen Physikern vorgeschlagen; ich nenne nur Leslie und Hermann Kopp [1]).

In der gegenwärtigen Notiz will ich einen analogen Apparat beschreiben, den ich zu speciellen Untersuchungen anfertigen liefs. Derselbe ist in Fig. 12 und 13, Taf. I, abgebildet. Er besteht aus einer Glaskugel A von 300 Kub.centm. Rauminhalt, der mittelst einer metallenen Fassung auf seinem Hals, durch vier Schrauben und Zwischenlegung von eingefettetem Leder, luftdicht mit dem manometrischen Apparat $abcd$ verbunden werden kann. Das Manometer besteht aus zwei 14 Millimetern weiten Röhren, eingekittet in ein Hahnstück, wie ich es bei meinen Versuchen über die Ausdehnung der Gase und die Spannung der Dämpfe angewandt habe. Die Röhre cd, die

1) *Ann. de chim. et de phys., Ser. III, T. VI, p.* 380.

mit der Kugel A gemeinschaftet, hat nach oben eine Kugel B und zwei Merkstriche mn und pq.

Die Aichung der Röhre, von da, wo sie in die Kugel A tritt, bis zu jedem der Striche mn und pq, geschieht durch genaue Wägung des sie innerhalb dieser Räume füllenden Quecksilbers, eine Operation, die leicht ausführbar ist, weil man vermöge der besondern Einrichtung des Hahns R nach Belieben entweder, wie in Fig. 14, die beiden Röhren ab und cd in Gemeinschaft setzen, oder, wie in Fig. 15, bloſs das in ab enthaltene Quecksilber abflieſsen lassen kann. Das Volum zwischen den Strichen mn und pq werde ich v nennen. Eben so miſst man das Volum der Kugel A aus. Dieſs Volum, vermehrt um das der communicirenden Röhre bis zum ersten Strich mn, giebt das Volum V.

Um das Volum einer Substanz zu bestimmen bringt man von ihr so viel in die Kugel A, daſs sie dieselbe etwa zur Hälfte füllt. Wägt man die Kugel vor- und nachher, so hat man das Gewicht der hineingebrachten Substanz. Man schraubt die Kugel an den Apparat, und läſst den Hahn r offen. Man gieſst Quecksilber in das Manometer bis zum Strich mn; dann sind beide Säulen im Niveau. Glaubt man, es sey in der Kugel A Temperaturgleichgewicht eingetreten, so schlieſst man den Hahn r, und läſst durch den geöffneten Hahn R so viel Quecksilber abflieſsen, daſs das Niveau auf pq herabgebracht wird. Man miſst den Niveauunterschied h beider Säulen und den Barometerstand; dadurch hat man alle Data zur Gleichung:

$$\frac{V-x+v}{V-x}=\frac{H}{H-h} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1),$$

woraus

$$x=V-\frac{v(H-h)}{h}.$$

Man erhält sogleich einen neuen Werth von x, wenn man den mit der Atmosphäre gemeinschaftenden Hahn r öffnet und Quecksilber in das Manometer nachgieſst, bis

das Niveau in pq kommt und beide Säulen gleiche Höhe erhalten. Man hat nun ein Luftvolum $V-x+v$ unter dem Druck H; man schliefst den Hahn r und giefst so viel Quecksilber hinzu, dafs das Niveau nach mn kommt. Dann hat man ein Luftvolum $V-x$ unter dem Druck $H+h'$, folglich:

$$\frac{V-x+v}{V-x}=\frac{H+h'}{H} \;\ldots\ldots\ldots\ldots\; (2),$$

woraus

$$x=\frac{V'h+vH}{h'}.$$

Combinirt man beide Beobachtungen, so ist man der Beobachtung des Barometers gänzlich überhoben. Man kann nämlich H zwischen den beiden Gleichungen (1) und (2) eliminiren; diefs giebt:

$$\frac{V-x+v}{V-x}=\frac{h'}{h} \;\ldots\ldots\ldots\ldots\; (3),$$

woraus

$$x=V-v\frac{h}{h'-h}.$$

In einigen Fällen ist erforderlich mit einer vollkommen trockenen Substanz zu operiren. Dann trocknet man die Substanz in der Kugel A selbst, bestimmt ihr Gewicht, schraubt die Kugel an den Apparat, und setzt die Röhre t, während das Manometer ganz mit Quecksilber gefüllt ist, in Verbindung mit einer Röhre voll Chlorcalcium. Im Uebrigen verfährt man wie vorhin.

Will man diese Methode zur Bestimmung der Dichtigkeit verschiedener Proben einer selben Materie anwenden, z. B. verschiedener Proben von Schiefspulver, so bringt man in die Kugel immer ein gleiches Gewicht vom Pulver und graduirt den Apparat so, dafs er die Dichtigkeiten unmittelbar angiebt. Eine sehr einfache Correctionstafel wird erlauben die Veränderungen des Barometers während der verschiedenen Operationen in Rechnung zu ziehen. Die directe Graduirung des Apparats kann dadurch geschehen, dafs man successiv bekannte Gewichte Quecksilber in die Kugel A bringt und deren

Vo-

Volum durch den Apparat selbst bestimmt. Dasselbe Verfahren gestattet, mit Leichtigkeit zu erkennen, welchen Grad von Genauigkeit diese Bestimmungen zulassen.

Gewisse Substanzen haben die Eigenschaft, bei Zunahme des Drucks Luft zu verschlucken, und bei Abnahme desselben sie zu entlassen. Für solche Substanzen würde Say's Methode offenbar unrichtige Resultate geben. Allein dieser Substanzen giebt es weit weniger, als man glauben sollte. Bei meinem Verfahren erkennt man übrigens unfehlbar, wann jener Fall eintritt, indem dann die Gleichungen (1) und (2) nicht mehr denselben Werth für x geben, und der Druck in dem Apparat sich mit der Zeit verändert.

VIII. *Ueber die Zersetzung des Wassers durch Metalle bei Gegenwart von Säuren und Salzen.*

Unter diesem Titel hat Hr. Millon in den *Compt. rend., Tom. XXI, p.* 37, eine Reihe von Thatsachen beschrieben, deren Erklärung zwar ziemlich nahe liegt, die aber doch nicht ohne Interesse und Nutzen sind. Er hat nämlich beobachtet, dafs die Wirkung verdünnter Säuren auf Metalle, wie Zink, Eisen, Zinn, u. s. w. in der Regel mehr oder weniger bedeutend erhöht wird, wenn Lösungen gewisser Metallsalze, selbst in sehr geringer Menge, zugesetzt werden. Hr. M. scheint keine recht bestimmte Ansicht über die Ursache dieser Vorgänge gefafst zu haben, allein es ist wohl klar, wie es auch kurz hernach Hr. Barresewil in den *Compt. rend., T. XXI, p.* 292, ausgesprochen hat, dafs, da die als Salze hinzugefügten Metalle meistens elektro-negativerer Natur als die sich lösenden Metalle sind, jene auf diese niedergeschlagen werden, und somit galvanische Ketten entstehen,

deren Wirkung sich mit der directen der Säure combinirt. Folgendes sind die hauptsächlichsten der von Hrn. M. beobachteten Einzelheiten.

Zink, als Blech, in einem Stücke von etwa 100 Quadratcentm. Oberfläche, wurde mit 1¼ Deciliter verdünnter Schwefelsäure (1 Thl. Säure und 12 Thl. Wasser) übergossen und nach 10 Minuten der Gewichtsverlust bestimmt. Eben so wurde mit andern gleich grofsen Stücken verfahren, nachdem der Säure einige Tropfen einer concentrirten Metalllösung hinzugesetzt worden. So ergaben sich folgende relative Verluste:

mit der reinen Säure			. . . .	1
- Zusatz von	15	Tropf.	schwefels. Silberoxyd	2,4
- - -	10	-	Brechweinstein	29
- - -	10	-	schwefels. Kupferoxyd	45
- - -	15	-	arseniger Säure	123
- - -	4	-	Platinchlorid	149.

Die Wirkung des Platinchlorids ist nicht allein aufserordentlich stark, sondern erfolgt auch sogleich; die der arsenigen Säure entwickelt sich dagegen erst allmälig, und so nimmt auch die der drei anderen Salze mit der Zeit zu. Die Beschleunigung der Auflösung hängt ferner zum Theil von der Menge des zugesetzten Metallsalzes ab, und steigt bis zu einem gewissen Grad mit dieser.

Lösungen von Kobalt, Nickel, Zinn, Kadmium, Chrom, Blei, Antimon und Wismuth beschleunigen die Auflösung des Zinks in Schwefelsäure ebenfalls, doch nicht in so ausgezeichnetem Grade. Dagegen wird dieselbe durch einige Tropfen einer Lösung von Quecksilberchlorid aufserordentlich verzögert, indem sich das Zink mit einer dünnen Schicht von Amalgam bekleidet. 20,978 Gram. Zink in eine Quantität verdünnter Schwefelsäure (1 Säure mit 10 Wasser) gelegt, welche das Metall binnen anderthalb Stunden vollständig gelöst haben würde, verloren nach Zusatz (einer nicht näher angegebenen

Menge) von Quecksilberchlorid binnen 70 Stunden nur 0,343 Grm.

Auch in Chlorwasserstoffsäure, Kleesäure, Essigsäure u. s. w. befördert ein Zusatz von Platinchlorür die Lösung des Zinks ausnehmend. Dagegen zeigt das Quecksilberchlorid bei der Essigsäure (Radicalessig verdünnt mit 1 Vol. Wasser) durchaus keine schützende Wirkung.

Ferner löst sich das Zink, auf Zusatz kleiner Mengen von Platinchlorid, in destillirtem Wasser, in Lösungen von Ammoniak-, Kali- und Natronsalzen, besonders Chlornatrium, und vor allem schwefelsaurem Natron. Hiebei zeigt sich auch das Licht von Wirkung; es beschleunigt im Allgemeinen die Auflösung. Zuweilen erfolgt auch im Dunklen anfangs ein Auflösen, das aber nach einiger Zeit plötzlich aufhört.

Eisen. Das Auflösen desselben als Drehspäne (also Gufseisen?) in verdünnter Schwefelsäure (mit 12 Wasser) wird durch Platinchlorid aufserordentlich beschleunigt, dagegen durch arsenige Säure so vollkommen gehindert, dafs einige Tropfen derselben dem Metall seinen Metallglanz so gut wie unverändert erhalten. Brechweinstein und Quecksilberchlorid verzögern die Wirkung ebenfalls, hemmen sie aber nicht gänzlich; schwefelsaures Kupferoxyd und schwefelsaures Silberoxyd befördern sie dagegen wiederum, doch nicht ausgezeichnet.

Mit Chlorwasserstoffsäure und Essigsäure verhalten sich die genannten Salze im Ganzen ähnlich; mit Kleesäure bedeckt sich dagegen das Eisen auf Zusatz von Platinchlorid mit einer schwarzen Schicht von Platin, und wird, statt rascher gelöst zu werden, vielmehr gegen den Angriff der Säure geschützt, gleich wie durch arsenige Säure.

Bei Salpetersäure (einer von $4\frac{1}{2}$ Aeq. Wasser verdünnt mit 2- bis 3fachem Volum Wasser) sind die Erscheinungen auffallend. Giefst man sie auf Eisendrehspäne, so löst sich das Metall unter Entwicklung rother

Dämpfe und Bildung von Oxydsalz. Wird derselben Säure aber ein Tropfen Platinchlorid zugesetzt, so entwickelt sich Wasserstoffgas und es entsteht ein Oxydulsalz nebst salpetersaurem Ammoniak.

Zinn. Rauchende Chlorwasserstoffsäure, verdünnt mit gleichem Volum Wasser, wird bei 21° C. Temperatur in ihrer Wirkung auf gewalztes Zinn durch Zusatz einer kleinen Menge von Brechweinstein bis zum 11fachen, und durch einen ähnlichen von Platinchlorid bis zum 13fachen gesteigert. Bei der Siedhitze des Wassers übertrifft sogar die Wirkung des Brechweinsteins die des Platinchlorids, und noch mehr ist diefs der Fall, wenn statt des gewalzten, gekörntes Zinn angewandt wird.

Blei löst sich in Chlorwasserstoffsäure, selbst verdünnter, mit starker Wasserstoffentwicklung, wenn etwas Platinchlorid zugesetzt wird. *Kupfer* verhält sich eben so, und, in der Hitze, auch Antimon. Das Kupfer giebt mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure, wenn sie erwärmt mit ein wenig Platinchlorid versetzt worden, eben so reichlich Wasserstoffgas als das Zink in verdünnter Schwefelsäure. Dagegen wird der Angriff einer mit dem 3- oder 4fachen Volum Wasser verdünnten Salpetersäure auf Kupfer durch Zusatz von etwas Platinchlorid bedeutend gehemmt, durch die geringste Menge eines Nitrats aber sogleich wiederhergestellt.

IX. *Blaues Licht nicht allein vom Golde durchgelassen; von Hrn. Dupasquier.*

(*Compt. rend.*, *T. XXI*, *p.* 64. — Auszug.)

Hr. D. hat die Beobachtung gemacht, dafs die Eigenschaft, vom weifsen Lichte blofs das blaue durchzulassen, nicht allein dem dünn geschlagenen oder in einer Flüs-

sigkeit fein vertheiltem Golde zukommt, sondern sich auch bei einer grofsen Anzahl opaker Körper vorfindet, und sowohl von der Natur, als auch, bis zu einem gewissen Grade, selbst von der Farbe dieser Körper unabhängig ist. Doch lassen gelbe, rothgelbe und rothe Substanzen das Blau am entschiedensten sehen, graue minder gut, und farblose am schwächsten.

Um das Phänomen wohl zu beobachten, begebe man sich an einen etwas finsteren Ort, wohin das diffuse Licht durch eine über seinem Kopf befindliche Oeffnung gelangt, und halte dort zwischen Licht und Auge die zu untersuchende Substanz.

Von geschlagenen Metallen zeigt *reines Blattgold* die Erscheinung am deutlichsten, nächstdem *grünes Blattgold* (Legirung von Gold und Silber), *Blattsilber* und *Blattkupfer*. Bei letzterem zieht sich das Blau etwas in's Schwarze, und ist in sofern schwieriger zu beobachten, als es nicht leicht von der erforderlichen Dünnheit zu erhalten und dann oft löcherig ist.

Unter den *Metallniederschlägen* sieht man die Erscheinung, aufser beim Golde, zunächst fast eben so deutlich beim *Silber,* welches aus seiner Lösung in Salpetersäure durch das mittelst Eisenfeilicht und verdünnter Schwefelsäure bereitete Wasserstoffgas gefällt worden ist; ferner, obwohl minder gut, beim *Quecksilber*, das durch jenes unreine Wasserstoffgas aus salpetersaurem Oxydul niedergeschlagen worden.

Gepülverte Substanzen zeigen das Blau, wenn man sie in Wasser einrührt, und wartet, bis sich die gröberen Theile abgesetzt haben; dann kommt ein Moment, wo die noch schwebenden Theilchen ein sehr merklich blaues Licht durchlassen. Je feiner das Pulver ist, desto besser gelingt der Versuch, besonders wenn man nicht zu viel von dem Pulver nimmt. Bei sehr schweren Pulvern ist es gut die Ablagerung der Theilchen zu verlangsamen, indem man eine schleimige Substanz in der Flüssigkeit

löst, z. B. in Wasser arabisches Gummi, in Alcohol oder Aether ein Harz oder ein Fett.

Auf diese Weise beobachtet man die Erscheinung beim gepülverten *Silber*, *Antimon*, *Wismuth* und *Arsen*.

Ferner zeigen sie von grauen Substanzen: *Schwefelantimon* (Grauspiefsglanzerz), *Manganhyperoxyd*, *Bleiglanz*, *Glanzkobalt* von Tunaberg; von rothen oder rothgelben Substanzen: *Quecksilberoxyd*, *Mennige*, *Zinnober*, *englisch Roth*, *Blutstein*, *Bleiglätte*, *Kermes minerale*, *Mangansesquioxyd*, *Realgar*, *arsensaures Silber*; von gelben Substanzen: *Massicot*, *Turpethum minerale*, *Schwefelblumen*, *Schwefelmilch* (sehr schön, was die am Schwefelwasser von Ax (Ariége) beim Zutritt der Luft erfolgende und von Hrn. Fontan in seinen *Recherches sur les eaux de Pyrénées*, *p*. 49, beschriebene Erscheinung erklärt), *Musivgold*, *gelber Ocker*, *Chromgelb*; von schwarzen Substanzen: *Beinschwarz*; von weifsen, farblosen Substanzen: *Calomel*, *Zinnoxyd*, *Bleiweifs*.

Auf eine Erklärung der Erscheinung läfst Hr. D. sich nicht ein; er sagt, er habe dieselbe nur als Chemiker studirt.

X. *Belegung von Glasspiegeln mittelst Silber.*

Kürzlich hat Hr. Tourasse der Pariser Academie Glasspiegel vorgelegt, die nach dem Verfahren des Engländer Drayton statt des Zinns und Quecksilbers mit Silber belegt sind, und einen weit höheren Grad von Lichtreflexion darbieten als diese.

Das in England und Frankreich patentirte Verfahren besteht darin, dafs man salpetersaures Silberoxyd in destillirtem Wasser löst, Alcohol, kohlensaures Ammoniak, Ammoniak und Kassiaöl hinzusetzt, die Flüssigkeit als-

dann auf den Glasspiegel giefst, und im Moment dieser Operation noch Nelkenöl hinzufügt. Nach zwei Stunden ist der Procefs beendigt, und das Glas mit einer vollkommen homogenen Schicht des reinsten Silbers überzogen. Durch eine Firnifsschicht wird die Belegung vor äufseren Einflüssen geschützt.

Diese Belegung hat wesentliche Vorzüge vor der bisherigen. Aufser der starken Lichtreflexion, die sie gewährt, hat sie die Tugend, von Rissen frei zu seyn, die sich selbst bei der besten Folie finden, und dabei wird sie weder vom Licht noch von Feuchtigkeit angegriffen; auch ist ihre Anfertigung ohne allen Nachtheil für die Gesundheit der Arbeiter. (*Compt. rend.*, *T. XXI*, *p.* 378.)

Vor Hrn. Drayton war es bereits bekannt, dafs Aldehyd, erhitzt mit einer ammoniakalischen Lösung von salpetersaurem Silberoxyd, die Innenwand des Glases mit glänzender Silberschicht bekleide, und dafs auch Zuckersäure, Salicylsäure und Pyromeconsäure einen ähnlichen, obwohl dunkleren Silberüberzug liefern. Hr. John Stenhouse lehrt noch mehre dergleichen kennen: Traubenzucker, Rohrzucker, Mimosengummi, Stärkmehl, Phloridzin, Terpentinöl, Lorbeeröl, Guajakharz; doch wirken diese Substanzen meistens nur bei Erhitzung und geben einen dunkleren Spiegel als der Drayton'sche Procefs. Einen eben so guten Spiegel als durch diesen und schon in der Kälte bekommt man dagegen mit dem schwereren der beiden Oele, aus welchem das Pimentöl besteht; das leichtere dieser Oele ist aber selbst in der Hitze unwirksam, und eben so verhalten sich Zimmt-, Benzoë-, Mecon-, Komen-, Gerb- und Pyrogallussäure, Benzoë, Elemi, Weihrauch, Rhodiumöl und Glycerin. Als einen nicht leicht zu hebenden Uebelstand der Drayton'schen Spiegel hebt Hr. St. hervor, dafs sie mit der Zeit kleine rothbraune Flecke bekommen, vermuthlich in Folge mitniedergerissener Oeltheilchen. (*Phil. Magaz.*, *Vol.* 26, p. 293.)

XI. *Ueber einen neuen neutralen Punkt in der Polarisation der Atmosphäre; von D. Brewster.*

Nach einer kurzen geschichtlichen Uebersicht der bisher über die Polarisation der Atmosphäre gemachten Entdeckungen theilt Hr. Babinet in den *Compt. rend., T. XX, p.* 801, folgenden von Sir David Brewster empfangenen Brief mit:

„Ich habe nun fast vierjährige Beobachtungen über die Polarisation der Atmosphäre beisammen, und alle nöthigen Elemente zur Erlangung der Curven gleicher Polarisation bestimmt. Ich habe freilich die mittleren Resultate noch nicht mit der letzten Genauigkeit aufgesucht, allein dennoch werden die folgenden Sie interessiren:

Abstand des Arago'schen neutralen Punkts von dem antisolaren oder der Sonne gegenüberliegenden Punkt, im Moment, wo dieser neutrale Punkt am Horizont ist	11° ½
Abstand desselben Punkts vom antisolaren, beim Untergang der Sonne	18° ½
Abstand dieser selbigen beiden Punkte vom Ende der Dämmerung	25° 0′
Abstand des Babinet'schen [1]) neutralen (*über* der Sonne liegenden) Punkts von der Sonne, bei hohem Stande derselben	6 bis 7°
Dieser Abstand wächst beim Untergang der Sonne bis	18° ½
Abstand des Brewster'schen neutralen (*unter* der Sonne liegenden) Punkts von der Sonne, bei grofser Höhe derselben	7 bis 8°

1) Ann., Bd. 51, S. 562.

Dieser Abstand wächst, wenn der Punkt den
Horizont erreicht, bis . . . . 16 od. 18°

Doch ist letztere Beobachtung bei geringer Höhe der Sonne schwer zu machen.

Ich habe auch einen *secundären Neutralpunkt* entdeckt, der unter besonderen Zuständen des Horizonts den Arago'schen Neutralpunkt begleitet. Er hebt sich mit diesem Punkt, und die Polarisation zwischen beiden ist *negativ*.

Aus demselben Grunde *mufs es nothwendig* für jeden der beiden, von Ihnen und mir entdeckten Punkten einen secundären Neutralpunkt geben, allein die Nähe der Sonne läfst mir keine Hoffnung, sie in diesem Clima zu entdecken.

Meine Abhandlung über diesen Gegenstand wird, glaube ich, in einem der nächsten Bände der *Transact. of the Roy. Irish Academy* gedruckt werden.

XII. *Künstliche Erzeugung von durchsichtiger Kieselerde und von Hydrophan.*

In den *Compt. rend.* (*T. XXI, p.* 502 und 527) theilt Hr. Ebelmen die interessante Thatsache mit, dafs wenn man den einen der beiden kürzlich von ihm entdeckten Kieselsäure-Aether (Ann., Bd. 63, S. 174) längere Zeit einer feuchten Luft aussetzt, derselbe, unter fortwährender Aushauchung von Alcoholdunst, zu einer durchsichtigen Masse gesteht, die sich allmälig immer mehr zusammenzieht und verhärtet, ohne an Klarheit zu verlieren. Bei 5 bis 6 Grammen Aether ist der Procefs binnen 2 bis 3 Monaten beendet. Man mufs ihn so verlangsamen, indem man der feuchten Luft nur durch eine kleine Oeffnung Zutritt gestattet zu der Flasche, worin der Aether

enthalten ist, weil sonst die Masse beim Zusammenziehen rissig wird.

Die so erhaltene Masse ist hart in dem Grade, dafs sie Glas schwach ritzt; dabei ist sie sehr cohärent, und an Glanz, Bruch und Durchsichtigkeit ganz dem Bergkrystall vergleichbar. Sie hat die Dichte 1,77 und die Zusammensetzung $SiO_2.HO$, ist also ein Hydrat.

Mit einer geringen Abänderung kann man auf ähnliche Weise einen *Hydrophan* darstellen, d. h. eine opake Substanz, die in Wasser gelegt durchsichtig wird. Sie bildet sich, wenn man statt des reinen Kieselsäureäthers einen solchen der feuchten Luft aussetzt, welcher etwas Chlorsilicium enthält, was der Fall ist, wenn man bei der Bereitung des Aethers den Alcohol nicht in Ueberschufs angewandt hat. Dieser ein wenig saure Aether erstarrt anfangs zu einer durchsichtigen Masse, die aber nach einigen Wochen trübe wird, desto mehr, je mehr Chlorsilicium zugegen war.

Von der durchsichtigen Substanz hat Hr. Biot eine Platte optisch untersucht, und zwar, da deren Flächen nicht ganz eben waren, umhüllt von Olivenöl, das in einem Glasring zwischen Plangläser eingeschlossen war. Er überzeugte sich dadurch, dafs dieser künstliche Quarz durchaus kein Drehungsvermögen besitzt, und eben so wenig jene unregelmäfsige Polarisation zeigt, die man an andern eingetrockneten Substanzen, z. B. Gummi und Gallerte, beobachtet. (*Ibid. p.* 503.)

XIII. *Ausbruch des Hekla.*

(Briefliche Mittheilung des Hrn. Prof. Forchhammer in Copenhagen; vom 14. October d. J.)

Am 2. September dieses Jahres um 9 Uhr Vormittags fühlte man in einem Umkreise von wenigstens 3 Meilen

um den Hekla ein schwaches Erdbeben, und gleich darauf erhob sich unter heftigem unterirdischen Donner eine dicke Rauchsäule aus dem südlichsten der drei Gipfel des Hekla's, welche bei schwachem Winde von NO. sich gegen SW. bog, allein da der Wind plötzlich umsprang fiel der Rauch gegen NO. über die Gebirgsweiden der Gemeinde Rangaaevalla. Dafs viel Rapilli in der Umgegend des Hekla gefallen seyn mufste, konnte man an den beiden Rangaaen und selbst am Markasfliot sehen, denn diese Flüsse, welche im Gebirge des Hekla entspringen, waren schon am Abend des 2. Septembers so mit Rapilli überfüllt, dafs die Färthen in der bebauten Gegend kaum zu Pferde passirt werden konnten, und die Reisenden es mit dem beginnenden Eisgange des Flusses im Winter verglichen. Die westliche Rangaae war beim Hofe Kalback, ungefähr 2½ Meilen von Hekla, so warm geworden, dafs man seine Hand nur eine kurze Zeit darin halten konnte.

Ein Lavastrom scheint an der südlichen Seite des Hekla ausgebrochen zu seyn, und man sieht denselben von den benachbarten Gegenden aus, übrigens ist die nächste Umgegend des Vulcans durch frühere Ausbrüche schon so zerstört, dafs hier kein bedeutender Schaden durch die Lava verursacht werden kann, und nur die nächsten Gehöfte, Sälsund und Näsforholt, in einer Entfernung von 1½ und 2 Meilen (auf der Karte gemessen), sind von ihren Bewohnern verlassen worden.

Die Asche, welche die südliche und westliche Umgegend des Hekla wegen der Richtung des Windes verschont hat, ist gegen SO., also in einer von dem auf Island herrschenden Winde sehr verschiedenen Richtung weit weggetrieben. Auf den beiden südlichsten Inseln der Färöer, Sandöe und Suderöe, fiel in der Nacht vom 2. zum 3. September, oder eigentlich früh am Morgen des 3. Septembers, bei ziemlich starkem Nordwestwind eine feine braune Asche, die nach Schwefel roch, wäh-

rend man auf den andern Inseln die Asche nicht bemerkte. Auf ein Schiff, welches von Liverpool nach Island segelte, fiel am 3. September bei starkem Nordwestwind viel Asche, eben so auf ein von Hull nach Island bestimmtes Schiff bei Faerhill, und auf ein von Island nach Copenhagen bestimmtes Schiff bei den Orkney's. Von der auf das zuletzt genannte Schiff gefallenen Asche schicke ich Ihnen hierbei eine Probe [1]).

Es wiederholt sich also hier in hohen nördlichen Breiten das Phänomen von St. Vincent, indem die vulcanische Asche von der obern Luftströmung in einer vom Winde der untern Region verschiedenen Richtung bewegt ward.

Die Geiserquellen hatten seit dem Ausbruche bis zum 18. September keinen Ausbruch gehabt, und zeigen sich also hier als die Fumarolen des Hekla. Noch am 18. September dauerte der Aschenausbruch ununterbrochen fort und schien selbst zugenommen zu haben, da man die Rauchsäule, und bei klarem Wetter das Leuchten des Vulcans zu Reikiavig in einem Abstande von 14½ Meilen sehen konnte, welches früher nicht der Fall war. Die Gebirgsweiden (Afret) von Rangvalla und Landmanna, so wie die Weiden von Skaptatunga und Sider, sind zum Theil mit Asche bedeckt, doch ist der Schaden durch einen am 7. eingetroffenen starken Regen bedeutend vermindert.

Zusatz. Nach Privatberichten, welche die Kiöbenhavnpost vom 5. November mittheilt, dauerte der Ausbruch des Hekla noch mit derselben Gewalt wie zuvor bis zum 12. October fort. Die neue Lava flofs noch unablässig aus dem südwestlichen Krater. Die Lavamasse hatte schon einen Weg von 3 Meilen durchlaufen und sich auf einer

1) Ich habe dieselbe Hrn. Prof. Ehrenberg übergeben, der die Resultate seiner mikroskopischen Untersuchung veröffentlichen wird, sobald er sie an einer fernerweitigen Probe zu verificiren im Stande ist.

P.

Sandebene unten am Berge ungefähr eine Meile weit, in einer Höhe von 30 bis 40 Ellen, ausgebreitet. Dieser Lavaflufs bot vornehmlich bei hellen Nächten einen prachtvollen und imposanten Anblick dar. Man denke sich einen Bergstrom von glühendem Feuer, welcher sich von den Abhängen der Anhöhen herabwälzt und nach und nach, so wie er sich abkühlt und vom Krater entfernt, eine mehr röthliche oder rothbraune Farbe annimmt, und dazu eine sich hin und her bewegende Flamme. Drei ungeheure Rauchsäulen stiegen beständig aus den drei Kratern, die sich gebildet hatten, und breiteten sich über die nächstliegenden Distrikte aus. Bisher hatte der Ausbruch noch keinen Bauerhof verwüstet, aber die durch die niederfallende Asche verursachte Zerstörung der Weiden hatte schon angefangen einen schädlichen Einflufs auf das Vieh, und namentlich auf die Kühe zu äufsern, von welchen, wie es hiefs, 30 bis 40 in den Rangaaevalla- und Arnes-Sysseln gefallen waren. Die zu ersterem Syssel gehörigen Weiden im Osten des Berges waren bereits beim ersten Ausbruche von grofsen Massen niedergefallenen Bimsteins durchaus zerstört worden, und man befürchtete, dafs auch Schaafe dadurch umgekommen seyn möchten. Wenn man auch noch nicht sagen kann, dafs die Zerstörung einen hohen Grad erreicht hat, so kann man doch, so lange der Ausbruch dauert, nicht ohne Besorgnifs seyn, da die Lava, so wie sie Zuflufs vom Berge erhält, den angebauten Gegenden immer näher rückt.

XIV. *Geschichtliche Notiz.*

Newton's Sonnenuhren. — Zu Woolsthorpe, einem Dörfchen bei Colsterworth in der Grafschaft Lincoln, befanden sich seither an der Südostecke des Hauses, worin

Newton das Licht der Welt erblickte, zwei Sonnenuhren, die der grofse Mann als Knabe mit eigener Hand in die Mauer eingegraben hatte. Die Zeiger, die, wie man aus Beschreibungen weifs, von ziemlich roher Construction waren, fehlten schon seit einigen Jahren daran, aber die Zifferblätter, obwohl sie auch gelitten, befanden sich noch in ziemlich gutem Zustande. Das bessere von ihnen ist nun im vorigen Jahre mit Bewilligung des jetzigen Besitzers, Hrn. Christopher Turnor, von dem Hause abgelöst und zur Bewahrung für künftige Zeiten in den Räumen der K. Gesellschaft zu London niedergelegt. Fig. 16, Taf. I giebt nach einem diese Notiz begleitenden Holzschnitt in den *Philosoph. Transact. f.* 1845, *pt. I, p.* 141, den Anblick des Hauses mit seinen beiden bisherigen Reliquien.

XV. *Preisfrage.*

Die Königliche Academie gemeinnütziger Wissenschaften zu Erfurt stellt aus dem, ihr noch zur Verfügung stehenden, Vermächtnisse des hieselbst verstorbenen Königlich Dänischen Justizraths Dr. Büchner folgende zweite Preisfrage auf:

„Viele angesehene Physiologen und Chemiker halten sich gegenwärtig überzeugt, dafs die durch chemische Operationen unzerlegbaren und defshalb einfach genannten Stoffe auch in organischen Körpern keine Veränderung erfahren, sondern dafs alle Veränderungen, welche in organischen Körpern, von ihrer ersten Entwicklung an bis zu ihrem Ableben, in ihren Bestandtheilen vorgehen, blofs durch Aufnahme gewisser Stoffe von Aufsen und Ausscheidung anderer Stoffe nach Aufsen bedingt werden. Indessen ist diese Behauptung nichts weniger

als hinreichend begründet, vielmehr sprechen mehrere, selbst neuere, wie es scheint, mit aller Umsicht angestellte Beobachtungen und Versuche für das Gegentheil; dahin gehören hinsichtlich der Pflanzen besonders die von A. Vogel wiederholt unternommenen Versuche mit ausgesäeter Gartenkresse, welche zu beweisen scheinen, dafs diese Kresse einen Theil des in ihr enthaltenen Schwefels durch ihren Vegetationsprocefs bildet, indem der Gehalt an Schwefel, der in der analysirten Pflanze gefunden wurde, die im Saamen enthaltene Menge desselben überstieg, wiewohl alle Vorsichtsmaafsregeln getroffen wurden, um zu verhüten, dafs Schwefel von Aufsen aufgenommen werden konnte.

Hinsichtlich der Thiere scheinen diefs aber die früher von Prout und später die von Pfaff und Oehm angestellten und jene gröfstentheils bestätigenden Versuche, über die Veränderungen der chemischen Bestandtheile, welche während des Brütens in Hühnereiern vorgehen, hinlänglich zu beweisen; auch dürfte in der That schon die bedeutende Zunahme der Knochen in Säugethieren nach der Geburt dafür sprechen, indem dieselbe in keinem Verhältnisse zu der geringen Menge von phosphorsaurem Kalk zu stehen scheint, welche dem neugebornen Säugethiere durch die Muttermilch zugeführt wird. Hierdurch sieht sich die Academie veranlafst, die Aufgabe zu stellen:

Durch neue Versuche aufser Zweifel zu setzen, ob bei der Ernährung und Ausbildung der Pflanzen und Thiere Veränderungen in den in ihnen enthaltenen chemisch einfachen Stoffen vorgehen, so dafs ein Theil ihrer Bestandtheile blofs durch Umwandlung anderer chemisch einfacher Stoffe erzeugt wird, oder ob diefs nicht der Fall ist, sondern die für jene Annahme scheinbar sprechenden Versuche andere Erklärungen zulassen?

Dafs die Lösung dieser Aufgabe für die ganze Naturlehre und insbesondere für die Physiologie der Pflan-

zen und Thiere von äufserster Wichtigkeit sey, bedarf wohl keines näheren Beweises; sie ist es aber nicht nur in theoretischer Hinsicht, sondern auch in practischer, wie diefs schon daraus erhellt, dafs die Liebig'sche und andere neuere Lehren über die Ernährung der organischen Körper und die darauf sich gründenden Vorschriften nur bei der Voraussetzung für vollkommen wahr erklärt werden können, dafs die chemisch einfachen Stoffe eben so wenig durch die in organischen Körpern vorgehenden Processe, als durch chemische Operationen aufserhalb desselben verändert werden können, und dafs daher jene jetzt so viel besprochenen und so viel Aufsehen erregenden Lehren für haltbar oder unhaltbar erkannt werden müssen, je nachdem die Beantwortung dieser Frage verneinend oder bejahend ausfällt."

Der ausgesetzte Preis für die genügende Beantwortung dieser Preisfrage beträgt zwanzig Stück Friedrichsd'or. Die Preisbewerber haben ihre in deutscher, französischer oder englischer Sprache *leserlich* geschriebenen Arbeiten spätestens bis zum 1. Januar 1848 an den Secretair der Academie, Kreisphysicus Wittcke, *portofrei* einzusenden. Jede Arbeit mufs mit einem Wahlspruche versehen seyn, der sich ebenfalls auf der Aufenseite eines beiliegenden, *versiegelten* Zettels befindet, in welchem letzteren der deutlich geschriebene Name, Charakter und Wohnort des Einsenders steht.

Die genügende Abhandlung wird in der öffentlichen Sitzung am 15. October 1848 gekrönt werden.

Dem Autor verbleibt das Eigenthumsrecht der gekrönten Preisschrift, doch mufs dieselbe, falls es der Autor nicht vorzieht, sie zu den gedruckten Acten der Academie zu geben, binnen Jahresfrist gedruckt seyn.

1845. ANNALEN *№*. 12.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXVI.

I. *Ueber den muthmaſslichen Ursprung der Meteorsteine, nebst einer Analyse des Meteorsteins, welcher am 2. Juni* 1843 *in der Provinz Utrecht gefallen ist;*

von Dr. E. H. v. Baumhauer.

Als ich vor etwa zwei Jahren eine Analyse des Meteorsteins veröffentlichte, welcher am 22. Mai 1827 in *Sommer-Countys*, in den Vereinigten Staaten, gefallen war, ahnte ich nicht, daſs wir kurz darauf den Fall zweier ähnlicher Steine in der Nähe unserer Stadt erleben würden [1]). Am 2. Juni 1843 wurde nämlich, sowohl zu *Utrecht*, wie auch, und zwar vorzugsweise in den umliegenden Dörfern in einer Entfernung von 20 bis 25 Kilometern von der Stadt, eine sehr starke Explosion gehört, welche mit drei oder vier Kanonenschüssen verglichen wurde. Darauf folgte ein andauerndes Geräusch oder ein Pfeifen, welches einige Zeugen für entfernte Musik hielten, während Andere es mit dem Schreien und Stöhnen von Kindern verglichen; diejenigen, welche dem Ort, an welchem der Stein fiel, am nächsten waren, hörten deutlich ein Pfeifen, ähnlich dem Heulen der Winde oder dem Tönen einer Aëolsharfe; sie hörten dieſs 2 bis 3 Minuten lang, und bemerkten zugleich, daſs dieses Pfeifen sich von Westen nach Osten fortbewegte. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, daſs diese Erscheinung Alle in groſses Schrecken versetzte.

Zur selben Zeit merkte ein Bauer, der mit seinem Wagen vom Lande zurückkehrte, daſs auf einem Acker

1) Eine kurze Nachricht darüber gab bereits Hr. Prof. v. Rees. (Ann. Bd. 59, S. 348.) *P.*

in der Nähe von *Blaauw-Kapel*, in einer Entfernung von 5 Kilometern ostwärts von *Utrecht*, ein schwerer Körper herunterfiel, der eine Menge Erde zu einer ansehnlichen Höhe aufwarf. Der Bauer führte erst seine Pferde zum Stall, kehrte dann an die nämliche Stelle zurück, und fand dort ein trichterförmiges Loch, in welchem er einen schwarzen Stein fand, der in jenem Augenblicke kalt war; zwischen dem Falle des Steins nämlich und der Rückkehr des Bauers war eine Viertelstunde verflossen. Der Stein hatte eine, ein Meter dicke Thonschicht senkrecht durchdrungen, und war durch eine feuchte Sandschicht aufgehalten; der aufgeworfene Boden hatte sich um das Loch herum angehäuft.

Drei Tage später fand man noch in einer Entfernung von 3 Kilometern bei einem Dörfchen, welches das *Loevenhoutje* heifst, einem schwarzen Stein in einem Graben, dessen Fall auch am Abend des 2. Juni beobachtet war; das Wasser war dabei bis zu einer bedeutenden Höhe aufgeworfen. Die Explosion war auch in *Leyden* und *Rotterdam* gehört worden, welche Städte beide in der Richtung liegen, von welcher der Stein gekommen zu seyn schien.

Der erste Stein wog 7, der zweite 2,7 Kilogramm; beide Steine sind von einer matten braunschwarzen Kruste umgeben, in welcher man hie und da wie mit dem Finger gemachte Eindrücke bemerkt; aufserdem finden sich in der Kruste hie und da kleine Risse. Die Form der beiden Steine ist ein unregelmäfsiges Vieleck mit abgerundeten Kanten und Ecken. Die innere Structur des Steins hat grofse Aehnlichkeit mit der des Steins von *Aigle*, von *Sommer-Countys* und der meisten Meteorsteine; auf der Bruchfläche ist er viel weifser, als die z. B., welche am 16. September 1843 zu *Klein-Wenden* und am 13. April 1812 zu Erxleben gefallen sind. In der fast ganz weifsen Masse findet man zerstreute gelbe und schwarze Punkte, so wie auch metallische Theil-

chen, welche meistens grau sind, von denen aber einige eine hoch purpurrothe Farbe haben. Die Theilchen des Steins hängen unter sich ziemlich locker zusammen, so dafs kleine Stückchen zwischen den Fingern zu feinem Pulver zerrieben werden können. Wenn der Stein in einem Achatmörser zu feinem Pulver zerrieben wird, bleiben einige Körner zurück, welche einen Durchmesser von 0,25 bis 2 Millim. haben, sich nicht mehr theilen lassen und gröfstentheils vom Magnet angezogen werden; diejenigen dagegen, welche nicht vom Magnet angezogen werden, haben meistens eine unregelmäfsige polyëdrische Form mit abgerundeten Kanten und eine graue Farbe.

Ich will hier noch eines anderen Steins erwähnen, der am 12. Juni 1840 bei *Uden* in *Nord-Brabant*, an einem Orte, den man Staartje nennt, gefallen ist, und in der Sammlung der Nord-Brabanter Gesellschaft aufbewahrt wird; dieser Stein fiel des Morgens zwischen 10 und 11 Uhr, bei stillem Wetter und heiterer Luft mit einem schweren Schlage, dem ein, von Augenblick zu Augenblick zunehmendes Getöse vorherging; er bildete in dem Fufspfade, auf welchen er fiel, ein rundes Loch, um welches im Kreise herum die Erde aufgeworfen war; der Stein war so heifs, dafs man ihn kaum anfassen konnte. Der Stein wiegt 0,71 Niederl. Pfund; er hat eine unregelmäfsige octaëdrische Form, und ist eine kleine Faust grofs; die schwarze Kruste ist ungefähr eine halbe Linie dick, während sie bei dem Utrechter Stein nur eine Viertellinie dick ist. Die Bruchfläche ist weifslichgrau, und hat ein krystallinisches Aussehen; der Stein enthält sehr wenig metallische Theilchen, dagegen aber viele weifse glänzende Punkte.

Bevor ich zur Mittheilung der Analyse des Utrechter Steins übergehe, schicke ich hier Einiges über den muthmafslichen Ursprung der Meteorsteine voraus, wobei ich besonders ihr Verhältnifs zu den übrigen Kör-

pern unseres Sonnensystems berücksichtige, während ich rücksichtlich der bisher aufgestellten Hypothesen über ihre Entstehung auf meine meteorologisch-chemische Dissertation [1]) verweise, in welcher ich sie kurz angeführt habe.

Um sich die Entstehung der Meteorsteine einigermafsen erklären zu können, mufs man, meiner Ansicht nach, zu der Entstehung unseres Sonnensystems aus einem Nebelflecken zurückgehen. Diese von der altgriechischen atomistischen Schule herrührende Idee ist später von Kant aus philosophischen Gründen vertheidigt worden; fast zu derselben Ansicht kam später Herschel durch die Betrachtung der Nebelflecken, aus welchen er, wie er glaubte, neue Sonnensysteme sich bilden sah. La Place gelangte zu diesem Gedanken durch mathematische Berechnungen, und neuerdings hat Mulder [2]) diese Entstehung unseres Sonnensystems aus dem Streben der Materie nach Harmonie abgeleitet. Diese Ansicht läuft kurz darauf hinaus: Im Anfang solle unser Sonnensystem ein Nebel gewesen seyn, wie wir deren jetzt mehre am Himmel sehen; dieser Nebel bestand aus einer Menge isolirter Atome, die sich um eine gemeinschaftliche Axe drehten, wodurch der ganze Nebel die Gestalt einer abgeplatteten Kugel erhielt. Diese Atome waren schon damals mit den Kräften, welche sie jetzt besitzen, ausgerüstet, und werden diese wahrscheinlich noch lange besitzen. Diese Kräfte konnten sich aber damals nicht äufsern, sey es weil die Entfernung der Atome unter einander zu grofs, sey es weil die Tem-

1) *Specimen Meteorologico-Chemicum de Ortu Lapidum meteoricorum, annexis duorum lapidum analysibus chemicis. Traj. ad Rhen.* 1844.

2) G. J. Mulder, das Streben der Materie nach Harmonie. Braunschweig, 1844.

peratur des Nebels zu niedrig war. Es bedurfte eines äufseren Anstofses, um diese schlummernden Kräfte zu wecken. Was für ein Anstofs diefs war, darüber läfst sich nichts mit einiger Wahrscheinlichkeit vermuthen; nur das läfst sich sagen, dafs seine äufsere Ursache die Entfernung zweier Atome nur zu verringern oder ihre Temperatur um etwas zu erhöhen brauchte, damit die diesen Atomen inwohnenden Kräfte in Thätigkeit versetzt würden, und die von diesen beiden ausgehende Thätigkeit war hinreichend, um die schlummernden Kräfte aller Atome des Nebelfleckens zu erregen und dieselben in Bewegung zu bringen, gerade so wie wir wissen, dafs die Verbindung eines einzigen Atoms Sauerstoff mit einem Doppelatom Wasserstoff eine unendliche Menge Wasserstoff und Sauerstoff plötzlich in Wasser zu verwandeln vermag. Durch Anziehungskraft und chemische Verwandtschaft haben sich die Elemente unter einander verbunden, sie bildeten immer zusammengesetztere Molecüle, und zuletzt Himmelskörper; so enstand die Sonne, so entstanden die Planeten; aber alle Materie wurde für diese nicht verbraucht; eine bedeutende Menge gröfserer oder kleinerer Körper, und sogar grofse und kleine Massen isolirter Atome (Urmaterie) blieben zurück, drehten und drehen sich noch stets mit der ihnen eigenthümlichen Bewegung um die allgemeine Axe, wo nicht die gröfseren Körper ihre Bewegung gestört, ihre selbstständige Existenz geraubt, und sie gezwungen haben, fortan entweder als Satelliten, oder integrirende Bestandtheile ihrer selbst, mit ihnen das Sonnensystem zu durchlaufen, während sie vielleicht später durch andere störende Einflüsse Satelliten oder integrirende Theile eines anderen Himmelskörpers werden müssen.

Indem wir von dieser Ansicht ausgehen, wollen wir versuchen den wahrscheinlichen Zusammenhang zu beleuchten, in welchem die Sonne, die Planeten, Satelliten, Feuerkugeln, Meteorsteine, Sternschnuppen, das Zo-

diakallicht, Nordlicht und die Atmosphäre zu einander stehen.

Wir haben gesehen wie die ganze Atomenmasse in Bewegung gebracht seyn konnte, und wie die Atome durch gegenseitige Anziehungskraft und chemische Verwandtschaft sich zu gröſseren oder kleineren Gruppen verbinden konnten. Durch diese chemische Verbindung der Atome muſste natürlich eine sehr groſse Wärme entstanden seyn, und zwar eine Hitze, die groſs genug war, um alle gebildete Verbindungen im gasförmigen Zustand zu erhalten. Dem Streben der Materie nach Harmonie und der hieraus folgenden chemischen Verbindung der Materie, welche noch stets fortwährt, scheint unser Sonnensystem noch jetzt seine hohe Temperatur zu verdanken, wenngleich dieselbe durch Ausstrahlung in den groſsen Weltraum so sehr herabgesunken ist, daſs die gröſste Menge der Materie schon durch den tropfbarflüssigen aus dem elastischflüssigen in den festen Aggregatzustand übergegangen ist; allein diese Ausstrahlung nach auſsen findet noch immer statt, und dieselbe scheint nur wenig durch die Wärme, welche von anderen Himmelskörpern auf unser Sonnensystem ausstrahlt, ersetzt zu werden. Die Materie wird einmal ihr Streben nach Harmonie befriedigt haben, und wenn keine andere Wärmequelle entsteht, wird unser Sonnensystem, das früher luftförmig war, wahrscheinlich ganz in den festen Zustand übergegangen seyn.

Finden wir in unserem Sonnensystem und auf unserer Erde noch Ueberreste der isolirten Urformation? Ich glaube auf diese Frage bejahend antworten zu dürfen. Denn was ist erstens unsere Atmosphäre? ein mechanisches Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff, gänzlich im isolirten Zustand. Wenn wir dieſs an unserer Atmosphäre beobachten, haben wir auch Recht dasselbe mit Wahrscheinlichkeit von den Atmosphären der Sonne und der anderen Planeten und Satelliten zu vermuthen; aus den astronomischen Beobachtungen geht ja hervor, daſs

alle Planeten und Satelliten (hinsichtlich unseres Monds ist diefs noch ungewifs) von einer Atmosphäre umgeben wird; was die kleineren Körper betrifft, so werden wir später sehen, dafs die meisten auch eine gewisse Menge isolirter Urmaterie mit sich durch den Weltraum zu führen scheinen.

Wir haben also gesehen, wie die Sonne, die Planeten und Satelliten, und die diese umgebenden Atmosphären muthmafslich entstanden sind; wir wollen jetzt zu den kleineren Körpern übergehen.

Von diesen kleineren Körpern sehen wir des Nachts, wenn wir nicht durch das starke Sonnenlicht gehindert werden, eine sehr grofse Menge. Es scheint sogar, dafs bisweilen ihre Menge so grofs war, dafs sie eine Art Sonnenfinsternifs veranlafsten, wie wir diefs in den Jahren 1106, 1206, 1545 und 1706 aufgezeichnet finden, in welchem letzteren Jahre das Sonnenlicht vom 23. bis zum 25. April, also während drei Tagen, verfinstert gewesen seyn soll [1]). Diese Körper nennen wir *Asteroïden* oder *Sternschnuppen;* bisweilen sieht man deren eine solche Menge, dafs man die Erscheinung mit dem Namen *Feuerregen* bezeichnet hat. Sehr beachtenswerth ist es, dafs aus den Beobachtungen dieser Sternschnuppen hervorzugehen scheint, dafs einige Nächte, und zwar fast jedes Jahr, dieselben durch ihre grofse Menge ausgezeichnet sind; vorzugsweise zwei, nämlich vom 12. auf den 13. November, und vom 10. auf den 11. August; aufserdem noch die Nächte vom 25. bis zum 30. Juli, vom 15. bis zum 23. October, vom 9. auf den 10. und zwischen dem 20. und 26. April, zwischen dem 6. und 12. December, die letzten Nächte des Novembers, und die Nacht vom 2. auf den 3. Januar [2]). Aufserdem hat

1) Man vergleiche darüber Dr. Schnurrer, Die Krankheiten des Menschengeschlechts historisch und geographisch betrachtet. Hist. Abth. Th. 1 und 2. Tübingen, 1825.

2) Man vergleiche A. Quetelet, *Nouveau Catalogue des principales Apparitions d'étoiles filantes. Brux.* 1839 *et* 1841.

A. Erman [1]) geglaubt aus täglichen thermometrischen Beobachtungen schliefsen zu dürfen, dafs jährlich zwei Tage durch eine besondere Temperaturabnahme ausgezeichnet sind; diese Tage sollen liegen zwischen dem 10. und 13. Mai, und zwischen dem 7. und 12. Februar, welche Tage von dem 10. August und 12. November gerade um ein halbes Jahr entfernt sind; er glaubt also, dafs sich zwei Ringe von Asteroïden um die Sonne bewegen, und dafs die Erde jährlich zwei Mal in diese Ringe eintritt; die Temperaturabnahme schreibt er also der Menge von Asteroïden zu, die, indem sie zwischen die Sonne und die Erde treten, einen Theil der Sonnenwärme auffangen. Diese Temperaturabnahme ist aber von Anderen mit Recht anderen Ursachen zugeschrieben worden, und zwar besonders dem Schmelzen der Eisschollen und der Schneeberge in der Polargegend.

Wir können aber aus der früher erwähnten Periodicität der Asteroïden mit grofser Wahrscheinlichkeit schliefsen, dafs sich derartige Ringe von Asteroïden um die Sonne bewegen; wie viele Ringe aber bestehen, das werden lange Zeit hindurch fortgesetzte Beobachtungen uns lehren müssen.

Die Existenz solcher Ringe wird noch wahrscheinlicher durch ein anderes Phänomen, welches besonders in den tropischen Gegenden beobachtet und *Zodiakallicht* genannt wird; man sieht nämlich sowohl im Osten nach der Abenddämmerung, wie im Westen vor der Morgendämmerung ein weifses, bisweilen auch ein röthliches Licht, dessen Stärke beinahe der der Milchstrafse gleich kommt, und der Form nach ein Dreieck, dessen Basis in der Ekliptik zu liegen scheint. Dafs die Form dieses Lichtes nicht rund, sondern dreieckig erscheint, ist ein optisches Phänomen; man sieht nämlich am Himmelsgewölbe die Projection eines linsenförmigen Sphäroïds.

1) A. Erman, Astron. Nachr., Bd. 17, No. 385; und Poggendorff's Annalen, Bd. 48, S. 582.

Diese kleinen, unter dem Namen *Sternschnuppen* bekannten Körper scheinen von sehr verschiedener Gröfse zu seyn, und ihre Entfernung von der Erde ist auch sehr verschieden, sie scheinen alle von einem Nebel nicht condensirter Urmaterie umgeben zu seyn, oder oft auch blofs aus diesem zu bestehen; das Licht, das sie, wenn sie der Erde näher kommen, ausstrahlen, scheint bei den meisten der chemischen Verbindung der äufserst vertheilten, nicht oxydirten Theilchen mit dem Sauerstoff unserer Atmosphäre zugeschrieben werden zu müssen, obgleich es für einige derselben erwiesen scheint, dafs sie eigenes Licht haben müssen, weil sie von der Erde zu weit entfernt sind, als dafs man in jener Entfernung noch atmosphärische Luft annehmen könnte. Viele dieser Sternschnuppen sehen wir aus der Atmosphäre verschwinden, ohne dafs wir von denselben Steine auf die Erde fallen sehen; diese scheinen gröfstentheils aus nicht condensirter Materie zu bestehen; sie können aber auch den Grund für eine andere Erscheinung, von der wir später reden werden, abgeben.

Die gröfseren Asteroïde, und zwar die, welche einen festen Kern haben, und der Erde so nahe kommen, dafs sie von derselben angezogen werden, und auf dieselbe fallen, nennen wir *Aërolithe* oder *Meteorsteine;* wir nennen sie auch *Boliden* oder *Feuerkugeln*, wenn wir nur die Phänomene sehen, ohne dafs die Steine selbst gefunden werden, indem sich zufälligerweise Niemand an dem Ort befand, auf welchen sie gefallen sind; letzteres scheint meistens der Fall zu seyn. Wir müssen weiter noch bemerken, dafs die Entfernung der Asteroïde von der Erde sehr verschieden ist, und folglich auch die Anziehungskraft der Erde einen sehr verschiedenen Einflufs auf ihre Bahn haben mufs. Die Bahn einiger wird wahrscheinlich nur so verändert werden, dafs sie sich noch stets, wenn auch in einer etwas veränderten Bahn, um die Sonne fortbewegen; andere hingegen werden eine

elliptische, oder parabolische oder hyperbolische Bewegung um die Erde erhalten, und werden, nachdem sie ein-, zwei- oder mehrmal wieder in die Nähe der Erde gekommen sind, wodurch ihre Bahn von Neuem verändert werden kann, auf die Erde fallen.

Wenn die Meteorsteine und Feuerkugeln mit den Asteroïden identisch sind, und es bewiesen ist, dafs in der Erscheinung der Asteroïde eine Periodicität zu beobachten ist, so mufs sich in dem Erscheinen der Feuerkugeln und in dem Fallen der Meteorsteine auch einige Periodicität zeigen. Um diefs zu untersuchen habe ich eine chronologische Tabelle angefertigt, in welcher ich, so viel wie möglich, alle Meteorsteine, so wie alle Feuerkugeln, welche, von den beim Falle von Meteorsteinen wahrgenommenen Erscheinungen begleitet, beobachtet worden sind, aufgenommen und nach den Tagen des Monats geordnet habe, indem ich das Jahr und den Ort des Falles oder der Beobachtung hinzusetzte. Wo der Ort des Falles oder der Erscheinung nicht verzeichnet war, habe ich die Schriftsteller, denen sie entnommen sind, angeführt, diejenigen, bei welchen nur der Monat und nicht der Monatstag angegeben war, sind mit () bezeichnet; diejenigen dagegen, von welchen erwähnt war, ob sie im Anfange, in der Mitte oder am Ende des Monats gefallen waren, ohne nähere Angabe des Tages, habe ich mit den Buchstaben I, *M* und *F* bezeichnet. Die Meteorsteinfälle, bei welchen die Steine gefunden wurden, sind mit dem Zeichen + angedeutet, während das Zeichen * bei denjenigen steht, wo der Fall von Meteorsteinen oder das Erscheinen von Feuerkugeln von einem sogenannten Feuerregen begleitet war, d. h. also, wo eine grofse Anzahl Asteroïde erschien; das Zeichen ξ endlich, wenn zugleich Nordlicht beobachtet wurde. Der Grund, weshalb die zwei letzten Zeichen nur bei sehr wenigen gefunden werden, liegt darin, dafs die genaue Aufzeichnung der Feuerregen und Nordlichter sich erst

seit wenigen Jahren herschreibt. Bei der Anfertigung dieser Tabelle habe ich aus allen den von Chladni [1]) und aus den drei von v. Hoff [2]) herausgegebenen Catalogen geschöpft; aufserdem aus dem von den Arabern verzeichneten und von Fraehn [3]) herausgegebenen Asteroïden-Cataloge; aus dem Catalog von Meteorsteinen und Feuerkugeln v. L. F. Kämtz [4]); aus zwei von A. Quetelet [5]) herausgegebenen Asteroïden-Catalogen, und aus einem Meteorstein-Catalog für die letzten Tage vom November, und die Tage vom 16. bis zum 18. Juli, den Capocci [6]) verfertigt hat. Aufserdem habe ich so viel wie möglich alle die Erscheinungen von Meteorsteinen und Feuerkugeln, die hie und da in periodischen Schriften erwähnt sind, aufgenommen. Es ist sehr zu bedauern, dafs die französische Academie den Catalog von Asteroïden, Feuerkugeln und Meteorsteinen, welche vom 7. Jahrhundert vor Christo bis zum 17. Jahrhundert nach Christo in China beobachtet sind, noch nicht herausgegeben hat, den Ed. Biot aus den chinesischen An-

1) Chladni, über Feuermeteore, S. 97 bis 168 und S. 173 bis 310; Gilbert's Ann., Bd. 68, S. 329; Bd. 71, S. 359; Bd. 75, S. 229; Poggendorff's Ann., Bd. 2, S. 151; Bd. 6, S. 21 und 161, und Bd. VIII, S. 45.

2) v. Hoff, Poggendorff's Ann., Bd. 18, S. 174; Bd. 24, S. 221, und Bd. 34, S. 339.

3) Fraehn, *Apparitions d'étoiles filantes signalées dans les Auteurs Arabes. Institut. de France, Sect. I. Scienc. Math. Phys. et Nat., T. VI*, 1838, *No.* 252, *p.* 350.

4) L. F. Kämtz, Lehrbuch der Meteorologie, Th. 3, S. 264 bis 303, der aufser den schon erwähnten Catalogen geschöpft hat aus: Plieninger, Meteor. Tagebuch im Correspondenzblatt des Landw. Vereins in Würtemberg.

5) A. Quetelet, *Catalogue des principales apparitions d'étoiles filantes. Bruxelles*, 1839 *et* 1841.

6) Capocci, Periodicität der Aërolithe; Poggendorff's Annalen, Egänzungsband, S. 521.

nalen zusammengesetzt, und am 31. Mai 1841 der französischen Academie vorgelegt hat [1]). Später hat Ed. Biot diesen Catalog noch vermehrt, indem er mehr als 1300 chinesische Beobachtungen zwischen den Jahren 960 und 1275 nach Christo hinzusetzte [2]). Aus dem Cataloge schliefst Biot, dafs die meisten Asteroïden, Feuerkugeln und Aërolithe zwischen dem 25. und 30. Juli, am 7. August, am 12., 13. und 16. November, und zwischen dem 24. und 27. October beobachtet sind.

Wenn wir die hier beifolgende Tabelle betrachten, sehen wir sogleich, dafs nur die beiden Monate, August und November, durch eine gröfsere Menge Beobachtungen ausgezeichnet sind, so wie auch, doch nur in geringerem Grade, der Monat Juli; denn die scheinbar grofse Anzahl, die wir in den Monaten October, December, Januar und Februar finden, ist nur den längeren Nächten in den nördlichen gebildeten Gegenden zuzuschreiben, wo diese Beobachtungen doch fast ausschliefslich aufgezeichnet werden.

Wir sehen sogleich aus dieser Tabelle, dafs einige Tage durch eine gröfsere Anzahl beobachteter Feuerkugeln und Meteorsteine ausgezeichnet sind, was noch deutlicher wird durch folgende kleine Tabelle, in welcher ich nur die Zahl der Beobachtungen für jeden Tag angegeben habe:

1) *Comptes rendus, T. XII, p.* 986.

2) *Ibid. T. XIII, p.* 204.

(Zu Seite 476 gehörig.)

Juni.

29	1826	Florido		19	180		+
30	1784	Prag		19	182		
30	1823	Leipzig		20	173		
31	1708	England		20	181	z	
31	1844	Parma		20	182		
()	1198	Quet. 1841. 54		20	181		
()	1755	Terranova	+	22	168		
()	1803	Boulogne		22	172		
()	1811	Heidelberg		22	182		
				22	182		
				23	172		
				23	181		
				23	182		
				23	182	22.	+
				26	177		
				26	182		
				28	173		+
				28	179		
				28	180		
				F	161		
				F	178		
				F	180		
				()	164		
				()	168		
				()	173		
				()	181		
				()	182		
				()	182		

ober.		November.				December.			
ritanien		1	1839	Rufsland		J	1642	Ungarn	+
deburg	+	2	1799	Pocklington		1	1821	Leipzig	
veden		3	1761	Whitby		1	1825	Berlin	
land		4	1749	Atlant. Ocean		2	1739	England	
kow	+	4	1733	Frankreich		2	1804	Finnland	
land		4	1825	Halle		2	1814	London	
burghausen		5	1814	Ost-Indien	+	2	1821	Sachsen	
l		5	1825	Merseburg		3	1821	Weimar	
ıkreich		6	1548	Thüringen	+	4	1728	Nürnberg	
ısigny	+	6	1839	Parma	„	4	1821	Görlitz	
gsberg		6	1841	Parma	„	5	1737	England	
land		6à7	1827	Teneriffa		5	1762	England	
ypten		7	1492	Ober-Elsafs	+	5	1842	Epinal	
us	+	7	1799	Mexico		6	1823	Aachen	
in		8	1813	Woodfort	*	8	1733	Dorsetshire	
sance	*	9	1771	Vöringen		8	1817	England	
sen		9	1814	Moskau		8	1831	Bath	
ette	+	9	1823	Prag		8	1844	Paris	
sti Knasti	+	9	1825	Pils		9	1734	Regensburg	
n	„ *	10	1813	Sunderland		9	1820	Tumea	
		10	1839	Parma		10	1824	Mans	
n		11	1808	England		10	1825	Halle	
enstern		11	1822	Freiberg		11	1741	England	
veiz		12	1761	Scurre		11	1821	England	
rps	+	12	1791	Göttingen		11	1836	Brasilien	+
mblan		12	1799	England		11	1844	Limoux	
ex		12	1820	Rufsland	+	12	1642	Ofen	
lon		12	1822	Potsdam	*	12	1830	Heiligenstadt	* „
ıburg		12	1832	Deutschland	*	13	1795	Woodcottage	+
eveld	+	12	1833	Deutschland	*	13	1798	Krakau	+
ogne		12	1837	Quet. 1839. 51.		13	1803	Ekaterinenburg	
		13	1684	Gottesgabe		13	1803	Mässing	+
agh	+	13	1803	London		13	1813	Lautolax	+
un	+	13	1818	Gosport		13	1823	Belley	
schau		13	1819	Haiti		14	1807	Connecticut	+
necticut		13	1831	Brüneck	*	14	1830	Warschau	„
ıen		13	1834	N. Amerika	*	15	1586	Verden	+
'		13	1835	N. Amerika	*	15	1824	Magdeburg	
non	+	13	1835	Dep. de Ain.	+	16	1742	London	
schland		13	1838	Quet. 1839. 54.	*	16	1803	Schwarzenb.	
n		14	1819	Böhmen		17	1680	Kurland	
sigheim		14	1824	Mainz		17	1824	Neuhaus	+
and		14	1825	Leith		18	1818	Halle	
ıwall	+	15	1812	Karlsruhe	*	18	1821	Neapel	
vaben		15	1822	Apenrade		18	1825	Frankfurt a. M.	
litamansk ?	+	16	1803	Genf		19	1798	Bengalen	
veidnitz		16	1824	Bonn		19	1832	England	+
?		17	1623	Deutschland		20	1816	Ungarn	
en		17	1684	Bretagne		21	1816	Ungarn	
yland		17	1773	Sena	+	21	1818	Fünen	
ter		17	1818	Gosport	*	21	1822	Brünn	
t. 1841. 22.	*	18	1465	Paris		22	1758	Colchester	
t. n°. 252.		18	1819	England		22	1806	England	
350.		19	1761	Paris		22	1816	Nicolsburg	
hester		19	1817	Rochelle		24	1560	Lillebonne	+

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	
1	4	2	5	2		1			4	6	1	3	
2	6		3	1	2	2				2	1	4	
3	1	4	2	1		3	1	6	1	3	1	1	
4	2	2	1	3	1	2	2	1	4	1	3	2	
5	1			3	1	1		4	2	1	2	3	
6	2	7	2	2		1	1	5	1	3	4	1	
7	2	3	1		2	2	1	5		1	2		
8	3	4	5	2	2		1	4	4	4	1	4	
9	3	2	2	5	1	4		2	2		4	2	
10	3	2	2	4	3			7	7	2	2	2	
11	1	2	1	3	1		1	3	1	4	2	4	
12	3	1	4	1	2	3	1	5		3	8	2	
13	6	1	3	3	1	3	4	3	6	3	9	6	
14	1	1	2	1	1	1	1	2	3	1	3	2	
15	3	2	3	1	1	1		4			2	2	
M		1	1				2	1	1				
16	2		1		2	1	3	1	3	1	2	2	
17	1	1		4	5	2	10			3	4	2	
18	2	6	2	2	1		2	2	1	2	2	3	
19		3	1	4	4	4	1	2	1	1	5	2	
20	2		1		2		3	4	2	5	4	1	
21	1	1	2		2		2			2	1	3	
22		1	4		6	1	1	4	3	3	1	3	
23	1	2	1		1		1	4	2	5	1		
24	3		2				3		2	2	1	2	
25	3	1	1						1	1	3	3	
26	4	3		3	2		2	2	1	1	2	1	
27	2	4		2	2		1			3	4	1	
28	3	1	1	3	1	1	4	3	2	1	2	1	
29			2	2	1	2	6		2	1	5	3	
30	2		4	2	1	1	2		1	1	2	2	
31	1		2		2		2			2		1	
F	1							3					
( )		1	1		3	1	4	6	4	1	3	4	
S.	69	58	62	54	53	37	63	83	61	69	87	72	765

Wir sehen deutlich, daſs die durch eine gröſsere Anzahl Meteorsteine und Feuerkugeln ausgezeichneten Tage sind: der 12. und 13. November, der 10. August, der 9. und 10. April, der 13. December, der 27., 28. und 29. November, und der 1. und 2. Januar, welche Tage, nach Quetelet, alle durch die gröſsere Menge Asteroïden bekannt sind; und auſserdem noch der 17. Juli, welcher Tag wegen der groſsen Menge beobachteter Feuerkugeln und Meteorsteine die Aufmerksamkeit derjenigen, welche sich mit der Beobachtung von Aste-

roïden beschäftigen, wohl verdient; diese Periodicität von Feuerkugeln und Meteorsteinen zwischen dem 16. und 18. Juli, und in den letzten Tagen des Novembers war schon von Capocci [1]) bemerkt.

Wie viel Werth man aber auf die Periodicität sowohl der Asteroïde, als der Feuerkugeln und Meteorsteine legen müsse, werden uns erst die eine lange Zeit hindurch sorgfältig aufgezeichneten Beobachtungen lehren. Wie wir schon oben bemerkten, kommen nicht nur feste Körper, sondern auch Nebel von noch nicht condensirter Materie in unsere Atmosphäre; wenn wir weiter aus der chemischen Zusammensetzung, sowohl der Meteorsteine wie auch der Meteoreisenmassen, welche auf dieselbe Weise wie die Meteorsteine auf unsere Erde fallen, auf die chemische Zusammensetzung der Nebel von nicht condensirter Materie schliefsen dürfen, dann ist es möglich, dafs eben so, wie die Meteorsteine zum grofsen Theil aus Magneteisen und Nickel, und die Meteoreisenmassen fast ganz aus diesen Körpern bestehen, auch die Meteornebel eine grofse Menge dieser magnetischen Metalle enthalten. Was mufs aber geschehen, wenn ein derartiger Nebel, zu einem ansehnlichen Theil aus magnetischen Theilchen bestehend, sich unserer Erde, die wir als einen grofsen Magneten kennen, nähert? Die Theilchen werden natürlich durch die Pole des Magneten angezogen werden, und wenn sie in die Atmosphäre gelangen, werden die fein vertheilten, nicht oxydirten Theilchen unter den Erscheinungen von Licht und Wärme oxydirt werden, und ein Phänomen erzeugen, welches wir unter dem Namen *Nordlicht* kennen, aber mit demselben Rechte *Südlicht* genannt werden könnte, da es eben so am Südpole beobachtet wird. Zu dieser Erscheinung können noch die Theilchen der Sternschnuppen mitwirken, die wir in unsere Atmosphäre verschwinden sahen, und zugleich die grofsen Nebel, welche wir

1) Capocci, Poggendorff,'s Annalen, Ergzbd., S. 521.

die Feuerkugeln und Meteorsteine im Anfange ihrer Erscheinung umgeben sehen, und von denen wir beim Fall der Steine keine Spur bemerken; diese ätherische, fein vertheilte Materie kann, wenn sie in den Anziehungskreis der magnetischen Pole kommt, zur Erzeugung des Nordlichts mit wirken, denn die Beobachtungen der Reisenden in den Polargegenden haben hinlänglich gelehrt, dafs der Sitz des Nordlichts nicht an den eigentlichen Erdpolen, wohl aber an den magnetischen Polen der Erde zu suchen ist. Dafs die Annahme, dafs in den höheren Gegenden unserer Atmosphäre metallische Theilchen zugegen sind, nicht ganz unbegründet sey, beweisen einige Beobachtungen. Häufig sind Hagelwetter beobachtet, bei denen man in den Hagelkörnern Metallkerne sah, und ich glaube, dafs man diese oft finden würde, wenn man dieselben häufiger untersuchte. Eversmann hat z. B. in Hagelkörnern, welche bei *Sterlitamack* in der Provinz *Orenburg* in Rufsland gefallen waren, stumpfwinkliche Octaëder von Schwefeleisen gefunden, in welchem Hermann 90 Proc. Eisen fand [1]). Eben so fielen am 21. Juni 1821 in der Provinz *Majo* in Spanien Hagelkörner mit Metallkernen, in welchen Pictet [2]) durch Eisencyankalium die Gegenwart von Eisen gezeigt hat. Vor allen Dingen aber verdient es unsere Aufmerksamkeit, dafs am 26. August 1834 in *Padua* Hagelkörner mit aschgrauen Kernen gefallen sind; Cosari [3]) untersuchte die Kerne, und es ging daraus hervor, dafs sie aus gröfseren und kleineren Körnern bestanden, von denen die gröfseren durch den Magnet angezogen wurden, und, nach Cosari's Analyse, aus Eisen und Nickel bestanden. Die Identität dieser Stoffe mit der Masse der

1) Gilbert's Annalen, Bd. 76, S. 340.

2) Ebendaselbst, Bd. 72, S. 436.

3) D. L. Cosari, *Annali delle Scienze del Regno Lomb.; Veneto, Nov., Dec.* 1834, in den *New Edinb. Phil. Journ., No.* 37, *p.* 83.

Aërolithe wird wohl Niemand bezweifeln können. Es würde also zur Prüfung dieser Theorie über den Ursprung des Nordlichts sehr wünschenswerth seyn, wenn der Boden in den Polargegenden auf Nickel untersucht würde; denn da dieses Metall auf der Erdoberfläche nicht fein vertheilt vorkommt, kann es als ein ziemlich sicheres Kennzeichen meteorischer Materie gelten.

Diese Hypothese über den Ursprung des Nordlichts wird noch unterstützt durch die Beobachtungen von Colla, Wartmån und Quetelet [1]), die gezeigt haben, dafs die Zeit, in welcher die meisten Nordlichter vorkommen, mit der Zeit, in welcher die meisten Asteroïden beobachtet werden, übereinstimmt; aufserdem hat Ritter [2]) geglaubt eine Periodicität in der Erscheinung der Nordlichter beobachten zu können, welche mit der Periodicität im Falle der Meteorsteine im Einklang ist; aber es ist Schade, dafs Ritter diese Periodicität nur in den Jahren, welche durch eine gröfsere Menge gefallener Meteorsteine und erschienenen Nordlichter ausgezeichnet sind, und nicht in bestimmten Tagen gesucht hat [3]).

Und hiermit hoffe ich einigermafsen den Zusammenhang beleuchtet zu haben, der zwischen den verschiedenen Körpern und Erscheinungen, die zu unserem Sonnensystem gehören, zu bestehen scheint; ich bin aber weit entfernt behaupten zu wollen, dafs alles Obenstehende für sicher und ausgemacht angenommen werden mufs; diefs gilt besonders vom Nordlicht, da durch diese Theo-

1) *Institut. de France*, 1841, *No.* 399.

2) Gilbert's Annalen, Bd. 15, S. 206, und Bd. 16, S. 221.

3) Ueber Nordlichter, vergl. de Mairan, *Traité de l'aurore boreale. Paris*, 1754. Gehler's phys. Wörterb., Artikel: *Nordlicht*, S. 113, und Fr. Argelander, Aufforderungen an Freunde der Astronomie in H. C. Schumacher's Jahrbuch für 1844, S. 132.

Theorie alle Erscheinungen bisher noch nicht genügend erklärt werden können, z. B. die Richtung des Nordlichts im magnetischen Meridian, das Vorkommen desselben an den zwei nördlichen Kälte-Polen (Polen der isothermischen Linien), von denen nur der eine zugleich magnetischer Pol ist u. s. w. Spätere Untersuchungen werden zeigen müssen, ob diese Theorie richtig sey oder nicht; das hier Mitgetheilte ist nur ein Versuch, wo möglich in ein grofses Chaos einige Ordnung zu bringen.

Wir wollen noch versuchen durch diese muthmafsliche Entstehung der Meteorsteine so viel wie möglich die ihren Fall begleitenden Erscheinungen zu erklären.

Da ein solcher Fall ganz unerwartet vorkommt, so ist es ganz natürlich, dafs der Anfang der Erscheinung fast nie beobachtet wird; in den Fällen, in welchen man zufällig den Anfang der Erscheinung beobachtet hat, hat man einen kleinen leuchtenden Punkt, oder meistens einen leuchtenden Nebel, oder bisweilen auch einen Punkt, der von parallelen leuchtenden Streifen umgeben war, gesehen. Die Höhe dieses Punkts hat man fast nie bestimmen können, erstens weil die Erscheinung so unerwartet kommt, und zweitens weil Körper, die sich so rasch bewegen, nicht in den Bereich von Instrumenten fallen; die einzige Methode, durch welche die Höhe eines solchen Punktes gefunden werden kann, ist die Bestimmung der Parallaxe, nämlich wenn zwei Beobachter an weit von einander entfernten Stellen zu gleicher Zeit diese Erscheinung beobachten, und sich genau die Stelle des Himmels merken, an welcher sie in dem Augenblick den Körper sahen. Bessel [1]) hat für diese Bestimmung eine bedeutende Verbesserung angegeben: er nimmt an, dafs die scheinbaren Bahnen der Asteroïde oder Feuerkugelnn gröfste, auf der Himmelskugel beschriebene Kreise seyen;

1) Schumacher's Astron. Nachr., Bd. 16, No. 380, S. 327.

wenn also durch den Standpunkt der beiden Beobachter und durch die scheinbar gerade Bahn der Asteroïden zwei Ebenen gelegt werden, dann bestimmt die Linie, in welcher diese Ebenen sich schneiden im Allgemeinen (ausgenommen wenn diese beiden Ebenen parallel sind, und also die Bahn unendlich weit von der Erde liegt) die Linie, in welcher die Sternschnuppe sich bewegt hat. Wenn man die Richtungslinien bis zu dieser geraden Linie verlängert, so bestimmen sie den Ort derselben im Raum, und also auch ihre Entfernung von der Erde, so wie das Fallen und Steigen des Körpers. Feldt hat durch diese Methode aus den Beobachtungen der Asteroïden die Entfernung vieler von unserer Erde bestimmt, und gefunden, dafs dieselbe zwischen 2 und 33 geographischen Meilen schwankt, und zugleich gezeigt, dafs was Brandes und Benzenberg aus ihren Beobachtungen geschlossen hatten, nämlich dafs einige Asteroïden, wenn sie kommen, der Erde näher sind, als in dem Augenblick, in welchem sie verschwinden, nicht begründet ist. Dieselbe bedeutende Höhe ist auch für die Feuerkugeln und Meteorsteine im Anfange ihres Erscheinens beobachtet worden.

Die Bahn der Boliden ist im Anfang stets der Erde etwas zugeneigt; bisweilen scheint dieselbe auch der Erdoberfläche parallel; die Bewegung ist sehr schnell, so dafs man oft eine Feuerkugel in wenigen Minuten über ganz Europa hat fliegen sehen. Bisweilen hat man auch eine sprungweise Bewegung beobachtet; welchem Umstande man diese zugeschrieben hat, ist noch von Niemanden auf eine einigermafsen befriedigende Weise auseinandergesetzt; was für eine Meinung man auch immerhin über ihren Ursprung oder ihre Natur haben mag, ich werde es also auch nicht versuchen dieses schwer zu erklärende Phänomen zu beleuchten. Die Behauptung der Meisten, dafs die Schnelligkeit der Aërolithen während ihrer Bewegung durch die Atmosphäre abnimmt, welche sich dar-

auf gründen soll, dafs ein sich so rasch bewegender Körper bei seinem Falle ein viel tieferes Loch als von 2 bis 3 Fufs machen müfste, ist durchaus nicht gegründet, da die Erdoberfläche, besonders die Sandschichten, einen derartigen Widerstand bieten, dafs wenn der Körper auch noch eine viel schnellere Flucht hätte, er dennoch in diese Sandschichten nicht tiefer würde eindringen können.

Es giebt vorzugsweise eine merkwürdige Erscheinung, die durch keine der früheren Theorien befriedigend erklärt wird; aus dieser aber folgt unmittelbar: die meisten Aërolithen haben im Anfang ihrer Erscheinung die Gröfse des Monds, bisweilen scheinen dieselben noch gröfser, so dafs sie, wenn man ihre Entfernung berücksichtigt, die Gröfse von einer bis zwei Kubikmeilen haben müssen, und wie grofs sind die Meteorsteine, welche wir auf unsere Erde fallen sehen? meistens nur einige Kubikzoll, und der gröfste einen Kubikfufs. Welchem Umstand ist diese Abnahme der Gröfse zuzuschreiben? Wie wir früher bemerkten, sind die Meteorsteine, bevor sie in unsere Atmosphäre gelangen, von einem Nebel nicht condensirter Urmaterie umgeben, welche Materie wahrscheinlich alle die Elemente, aus welchen der Stein besteht, noch im isolirten Zustande enthält, die dann, wenn sie in unsere Atmosphäre kommen, mit einander verbunden werden, und so das starke Licht erzeugen; es kann auch seyn, dafs der Nebel aus noch nicht oxydirten Elementen besteht, welche durch den Sauerstoff unserer Atmosphäre oxydirt und in der Atmosphäre verbreitet werden. Hieraus lassen sich die verschiedenen Lichtfarben, welche man beobachtet, erklären; wir wissen ja, dafs geschmolzenes Eisen und brennender Phosphor weifs, brennender Schwefel und Nickel blau, brennendes Kupfer grün, brennender Kalk roth und brennendes Natron gelb leuchten. Es erhellt zugleich, dafs das Licht der Feuerkugeln stärker seyn mufs

als das des Monds, da uns dieser nur reflectirtes, jene aber eigenes Licht zusenden.

Nachdem die Feuerkugeln einige Zeit in unserer Atmosphäre gewesen sind, fahren sie aus einander; diese Erscheinung erklärt sich daraus, dafs durch die grofse Hitze, welche die chemische Wirkung im Nebel erzeugt, die Oberfläche des Steins erhitzt wird, während das Innere, wegen des schlechten Leitungsvermögens des Steins, kalt bleibt; die Steinmasse mufs springen, eben so wie dickes Glas, das plötzlich erwärmt wird. Dafs nur die Oberfläche des Steins erwärmt wird, zeigt sich auf's Deutlichste an der schwarzen Kruste, mit welcher die Meteorsteine fast immer umgeben sind, und welche niemals dikker ist als 0,25 bis 0,5 Millim. Diese Kruste entsteht durch eine beginnende Schmelzung der Silikate, da dieselbe Kruste auf der weifsen Bruchfläche durch das Löthrohr erzeugt werden kann.

Durch das Auseinanderfahren des Steins entsteht auch der heftige Knall, den man immer hört; dieser Knall wird meistens mit dem Donnerschlage verglichen, obgleich Ohrenzeugen über den Ton oft sehr verschieden aussagen; einige vergleichen ihn mit einem Donnerschlage, andere mit dem Rollen eines schweren Wagens über Strafsenpflaster, andere mit einem Geschützfeuer, mit dem Geräusch, das unter einander bewegte Gewehre verursachen, andere mit aus der Ferne gehörten Trommeln und Pfeifen, mit dem Heulen der Winde, andere endlich mit den Tönen einer Aeolsharfe. Dieser Unterschied in den Aussagen scheint mir daher zu rühren, dafs man zwei, durch ganz verschiedene Ursachen erzeugte Geräusche mit einander verwechselt; das eine nämlich, welches man gewöhnlich mit dem Donnerschlag vergleicht, entsteht durch das Auseinanderfahren des Steins, das andere, welches dem Heulen der Winde ähnlich seyn soll, entsteht durch die schnelle Fahrt des Steins durch die Atmosphäre, und wird meistens von denen gehört, die sich am nächsten beim Orte, wo der Stein fällt, befinden.

Endlich fallen ein oder mehre Steine auf die Erdoberfläche, dringen ein Paar Fufs tief in den Boden, und werfen die Erde zu mehren Fufsen auf. Die Tiefe, zu welcher die Steine in die Erde eindringen, hängt ganz und gar von der Natur des Bodens, auf welchen sie fallen, ab: der Stein z. B., welcher vor zwei Jahren bei *Blaauw-Kapel* fiel, durchsetzte eine Thonschicht von einem Meter, und wurde von einer Sandschicht aufgehalten. Die Steine haben, wenn sie fallen, eine so grofse Hitze, dafs sie mit der Hand nicht aufgenommen werden können.

Wir sehen aus dieser kurzen Erklärung der Erscheinung, dafs dieselben alle leicht aus unserer Ansicht über die Entstehung der Meteorsteine abgeleitet werden können, und dafs die Ansicht also, obgleich sie noch nicht als ganz erwiesen betrachtet werden kann, dennoch unter allen bis jetzt aufgestellten die wahrscheinlichste ist. Was die äufsere Form, die Structur und die chemische Zusammensetzung der Meteorsteine und Meteoreisenmassen betrifft, verweise ich auf meine Inauguraldissertion (p. 34) und die dort erwähnten Schriftsteller.

Chemische Untersuchung des Utrechter Meteorsteins.

Zu dieser Untersuchung verwandte ich einen Theil des bei *Loevenhoutje* gefallenen Steins, der im Museum der Utrechter Universität aufbewahrt wird. Das spec. Gewicht des Steins liegt nach zwei Versuchen zwischen 3,57 und 3,65, während das spec. Gewicht der vom Magnet ausgezogenen Theilchen sich gleich 4,93, und das des nicht magnetischen Pulvers gleich 3,43 ergab.

Um den magnetischen Theil zu isoliren, wurde der Stein in einem Achatmörser so fein wie möglich pulverisirt, und auf einem Teller unter Alkohol ausgebreitet, um die Oxydation des Eisens während dieser Operation zu verhüten; aufserdem habe ich, um mit einiger Genauigkeit das Verhältnifs zwischen der Quantität der magnetischen Theilchen und des nicht magnetischen Pulvers

zu bestimmen, nicht, wie immer geschieht, einen constanten Magneten in Anwendung gezogen, von welchem sich unmöglich alle die magnetischen Theilchen ablösen lassen, sondern einen Elektromagneten, einen glatt polirten Stab von weichem Eisen mit einer kupfernen Spirale umgeben, die mit einem Paar Grove'schen Trögen verbunden war. Nachdem der Magnet so viel wie möglich alle magnetische Theilchen ausgezogen hatte, brachte ich ihn in eine andere mit Alkohol gefüllte Schale und unterbrach den galvanischen Strom, wodurch alle die magnetischen Theilchen zu gleicher Zeit abfielen. Der Magnet wurde darauf so lange durch das Pulver hin und her geschoben, als dieser noch etwas anzog; die magnetischen Theilchen wurden darauf zerrieben, und von Neuem durch den Magnet ausgezogen, um sie so viel möglich von dem anhängenden Pulver zu befreien. Die ganze Masse des gebrauchten Alkohols wurde darauf mit dem nicht magnetischen Pulver zur Trockne abgedampft, und das getrocknete magnetische und nicht magnetische Pulver gewogen: so fand ich, dafs 55,919 Grm. nicht magnetischen Pulvers mit 6,864 Grm. magnetischer Theilchen verbunden waren, oder dafs 100 Gewichtstheile Meteorsteinpulver 89,09 nicht magnetisches Pulver und 10,91 magnetische Theilchen enthielten. Später werden wir aber aus der quantitativen Analyse der magnetischen Theilchen sehen, dafs denselben noch eine ziemlich grofse Menge nicht magnetischen Pulvers anhing. Aus dem Verhältnisse zwischen dem spec. Gewichte der magnetischen und nicht magnetischen Theile würde folgen, dafs 100 Theile Meteorsteinpulver 89,51 nicht magnetisches und 10,49 magnetisches Pulver enthalten, oder 88,09 und 11,91.

Da ich über eine ziemlich grofse Quantität der Meteorsteinsubstanz verfügen konnte, hielt ich es für nöthig eine ausführliche qualitative Untersuchung anzustellen, um zu sehen, ob in den Meteorsteinen nicht mehre als die bisher gefundenen Substanzen, oder gar auf unserer Erde unbekannte Elemente vorkommen.

Die bisher in Meteormassen gefundenen Elemente hat Angelot [1]) in der folgenden Tabelle zusammengestellt; er hat noch die Elemente hinzugefügt, die man in zwei Eisenmassen, von denen die eine bei *Rothehütte* im *Harze*, die andere bei *Magdeburg* gefunden wurde, fand, welche Eisenmassen beide mit hinreichenden Gründen für meteorische gehalten werden.

	Elemente.	Meteor-steine.	Meteor-eisen.	Rothe-hütte.	Magde-burg.
1	Sauerstoff	+	+		+
2	Wasserstoff	+	+		+
3	Stickstoff	+			
4	Schwefel	+	+	+	+
5	Phosphor	+	+	+	+
6	Chlor	+	+		
7	Kohlenstoff	+	+	+	+
8	Silicium	+	+	+	+
9	Kalium	+			
10	Natrium	+			
11	Calcium	+	+	+	
12	Magnesium	+	+		
13	Aluminium	+	+		
14	Selen	?	+		
15	Arsenik	??		+	+
16	Chrom	+	+		
17	Molybdän	?		+	+
18	Silber	??			+
19	Kupfer	+	+	+	+
20	Zinn	+	+		
21	Nickel	+	+	+	+
22	Kobalt	+	+	+	+
23	Eisen	+	+	+	+
24	Manganeisen	+	+	+	+

Aufserdem hat von Holger in dem bei *Bohumiliz* gefundenen Steine Beryllium zu finden geglaubt, Berzelius hat aber später von Holger's Irrthum gezeigt.

Nach einer genauen Untersuchung [2]) haben wir gefunden:

1) Angelot, *Mémoire de la société géologique de France; Institut de France* 1843, *No*. 522.

2) Vergl. *Scheikundige Onderzoekingen gedaan in het Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool*, *Bd. II*, *p*. 559.

In Säuren lösliches Pulver.	In Säuren unlösliches Pulver.
Schwefel	Kieselsäure
Phosphor	Kali
Kieselsäure	Natron
Kali	Kalkerde
Natron	Talkerde
Kalkerde	Thonerde
Talkerde	Chromoxyd
Thonerde	Kupfer
Chromoxyd	Zinn
Kupfer	Nickel
Zinn	Kobalt
Nickel	Eisen
Kobalt	Mangan.
Eisen	
Mangan.	

Wir haben also von den 24 von Angelot angegebenen Elementen nur 16 gefunden, und diese sind auch die einzigen, die stets in demselben gefunden sind. Was den *Wasserstoff* und *Kohlenstoff* betrifft, so sind diese von Berzelius [1]) nur in einem Steine, der bei *Alais* gefallen war, gefunden; das *Chlor* wurde auch nur einmal, nämlich von G. T. Jackson [2]) in einer Eisenmasse, welche Huddard bei *Clairbone* in der Provinz *Clarke-Alabama* fand, angetroffen.

Es ist noch sehr zu bezweifeln, ob *Wasserstoff*, *Kohlenstoff*, *Chlor* und *Stickstoff* wirklich in Meteormassen gefunden werden, denn wenn sie auch einmal bei der Analyse vorkamen, so ist es doch noch sehr die Frage, ob diese Elemente den Massen eigen waren, oder ob sie später in dieselben hineingekommen sind, sey es nun aus dem Boden, in welchem sie eine Zeit lang lagen, oder in den Sammlungen, in welchen sie

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 33, S. 1 und 113.

2) *Phil. Mag.*, *Novemb.* 1828, *p.* 350. (Ann., Ergzbd., S. 371.)

aufbewahrt worden, oder endlich in dem Laboratorium selbst, in welchem sie untersucht wurden.

Angelot glaubt endlich, dafs es wahrscheinlich sey, dafs *Selen*, *Arsenik*, *Molybdän* und *Silber* in den Meteorsteinen vorkommen müssen, da sie in den bei *Rothehütte* und *Magdeburg* gefundenen Eisenmassen vorkamen, denen man einen meteorischen Ursprung zuschreiben zu müssen glaubt.

Die quantitative Analyse, deren Methode ich in den *Scheikundige Onderzoekingen* mitgetheilt habe, hat gelehrt, dafs 100 Th. nicht magnetischen Pulvers bestehen aus:

Unlöslichen Silicaten	45,919
Schwefeleisen	5,498
Chromeisen	0,226
Phosphoreisen	0,044
Kieselsäure	16,673
Kali	0,043
Natron	0,121
Kalkerde	0,187
Talkerde u. Spur Manganoxydul	17,716
Thonerde	0,065
Eisenoxydul	12,840
Nickel- und Spur Kobaltoxyd	0,337
Kupfer- und Zinnoxyd	0,033
Verlust	0,298
	100,000.

oder aus:

Unlöslichen Silicaten	45,919
Schwefeleisen	5,498
Chromeisen	0,226
Beigemengtem Nickeleisen	2,007 [1])
Löslichen Silicaten	46,350
	100,000.

1) Wenn auch bisweilen Nickel in irdischen Olivin gefunden wurde, wie z. B. von Berzelius und Stromeyer, so glaube ich doch,

Die Zusammensetzung der löslichen Silicate ist also in 100 Theilen:

		Sauerstoff.	
Kieselsäure	36,662		19,045
Kali	0,094	0,016	
Natron	0,266	0,068	
Kalkerde	0,411	0,115	
Talkerde	38,954	15,071	20,686
Thonerde	0,143	0,066	
Eisenoxydul	23,470	5,343	

Diefs ist also ein Drittel-Silicat oder *Olivin*; wir sehen aber aus dem Gehalt an Kali, Natron und Thonerde, dafs demselben ein wenig eines in Säuren schwer löslichen Silicats, und zwar, wie wir später sehen werden, *Albit*, beigemengt ist.

In 100 Th. magnetischen Pulvers fanden wir:

Unlösliche Silicate und Kieselsäure	19,461
Schwefeleisen	1,547
Phosphoreisen	0,165
Kupfer und Zinn	0,183
Nickel und Spur Kobalt	9,160
Eisen	60,442
Basen der beigemengten auflöslichen Silicate und Verlust	9,042
	100,000.

Diefs magnetische Pulver enthält beigemengte Silicate, das nicht magnetische Pulver dagegen beigemengte

dafs der hier gefundene Gehalt an Nickeloxyd den beigemengten magnetischen Theilchen zuzuschreiben ist, und deshalb ging ich von diesem aus, um die Menge der beigemengten magnetischen Theilchen zu berechnen; hiezu habe ich das Phosphoreisen gefügt, da es nach seiner Menge dem magnetischen Theile anzugehören scheint:

Kupfer und Zinnoxyd	0,033	oder	Kupfer und Zinn	0,026
Eisenoxydul	2,166		Eisen	1,677
Nickeloxyd	0,337		Nickel	0,265
Phosphoreisen	0,044		Phosphoreisen	0,044
	2,580			2,007.

magnetische Theilchen, was die Rechnung ziemlich complicirt macht, und wodurch man genöthigt wird annäherungsweise zu verfahren. So fand ich, dafs, wenn man für die magnetischen Theilchen das Verhältnifs zwischen Nickel und Eisen gleich 9,160 : 57,884 stellt, die Rechnung beinahe richtig herauskommt. Das Schwefeleisen gehört ganz dem nicht magnetischen Pulver an; wir finden nämlich aus der ersten Analyse für 19,461 unlösliche Silicate und Kieselsäure, 1,705 Schwefeleisen, und in dieser 1,547; das Phosphoreisen, das Kupfer und Zinn gehören dagegen den magnetischen Theilchen an. Wir finden also die Zusammensetzung der durch den Magnet ausgezogenen Theilchen folgendermafsen:

Beigemengtes Pulver.

Unlösliche Silicate und Kieselsäure	19,461
Schwefeleisen	1,547
Eisenoxydul	3,308
Basen der beigemengten Silicate und Verlust	8,288
	32,604.

Magnetisches Pulver.

Eisen	57,888
Nickel und Spur Kobalt	9,160
Phosphoreisen	0,165
Kupfer und Zinn	0,183
	67,396.

Also für die procentische Zusammensetzung der magnetischen Theilchen:

Eisen	85,892
Nickel und Spur Kobalt	13,591
Phosphoreisen	0,245
Kupfer und Zinn	0,272
	100,000.

Wir haben weiter in 100 Th. in Säuren unlöslichen Pulvers gefunden:

Chromeisen	1,720
Kieselsäure	55,456
Kali	0,252
Natron	2,975
Kalkerde	3,002
Talkerde	17,936
Thonerde	4,939
Eisenoxydul	11,304
Manganoxydul und Nickeloxyd	1,425
Kupfer- und Zinnoxyd	0,610
Verlust	0,381
	100,000.

Mit Recht bemerkt Rammelsberg [1]), daſs diese unlöslichen Silicate ein Gemenge von wenigstens zwei Silicaten sind, deren Natur und Menge durch Rechnung gefunden werden muſs.

Wir sehen sogleich, daſs wir zu viel Alkalien und zu wenig Thonerde haben, um *Labrador* in diesem Pulver annehmen zu können, daſs aber dagegen das Verhältniſs zwischen diesen gerade so ist wie im *Albit*; ziehen wir also dieses Mineral von der Masse ab:

	Albit.		Sauerstoff.	In 100 Th.
Kieselsäure	18,480		9,60	68,854
Natron	2,975	0,76	0,80	11,085
Kali	0,252	0,04		0,939
Thonerde	4,939	2,31	2,40	
Verlust an Thonerde	0,193	0,09		19,122
	26,839			100,000

so bleibt zurück:

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 62, S. 462.

			Sauerstoff.
Kieselsäure	36,976		19,21
Talkerde	17,936	6,94	
Eisenoxydul	11,304	2,57	
Kalkerde	3,002	0,85	10,80
Manganoxydul u. Nickeloxyd	1,425	0,32	
Kupfer- und Zinnoxyd	0,610	0,12	
Verlust	0,188		
	71,441.		

Hieraus sehen wir, dafs in diesem letzten ein Doppelsilicat versteckt ist, obwohl wir zugleich sehen, dafs zu wenig Kieselsäure vorhanden ist; Rammelsberg hat durch directe Versuche gezeigt, dafs *Olivin* nicht leicht ganz in Säuren aufgelöst wird; und hält es also für sehr wahrscheinlich, dafs man in den unlöslichen Silicaten noch Ueberreste von *Olivin* antreffen müsse; aus diesem Grunde wird hier der so eben gefundene Rest getheilt in *Olivin* und ein Doppelsilicat, nämlich *Augit:*

Augit.

		Sauerstoff.		in 100 Th.
Kieselsäure	32,376		16,82	54,485
Talkerde	13,258	5,13		22,313
Eisenoxydul	8,757	1,99		14,739
Kalkerde	3,002	0,85	8,41	5,053
Manganoxydul	1,425	0,32		2,399
Kupfer und Zinnoxyd .	0,601	0,12		1,011
Verlust	0,197			
	59,616			100,000.

Olivin.

		Sauerstoff.
Kieselsäure	4,600	2,39
Talkerde	4,678	1,81
Eisenoxydul	2,547	0,58
	11,825.	

Dieser *Augit* stimmt also am besten mit den *Hypersten*, und ist auch nur wenig von dem, den Ram-

melsberg in dem Steine von *Klein-Wenden* fand, verschieden:

Kieselsäure	54,64
Talkerde	23,69
Eisenoxydul	19,66
Kalkerde	2,01
	100,00.

Also enthält das in Säuren unlösliche Pulver in 100 Th.:

Chromeisen	1,720
Albit	26,839
Olivin	11,825
Augit	59,616
	100,000.

Im Folgenden haben wir die procentische Zusammensetzung des ganzen Steins, wie sie aus der Analyse folgt, zusammengestellt:

100 Th. Meteorstein enthalten:

10,91 magnetische Theile, bestehend aus:

7,353	Nickeleisen
3,557	Silicate
10,910.	

89,09 nicht magnetische Theile, bestehend aus:

48,181 in Säure löslichen Theilen, nämlich:

1,788	Nickeleisen
4,898	Schwefeleisen
0,201	Chromeisen
41,294	Olivin
48,181.	

40,909 in Säuren unlöslichen Theilen, nämlich:

4,838	Olivin
0,704	Chromeisen
10,980	Albit
24,387	Augit
40,909.	

oder 100 Th. Meteorsteinpulver enthalten:

9,140 Nickeleisen, bestehend in 100 Th. aus:

85,892 Eisen
13,591 Nickel und Kobalt
0,245 Phosphoreisen
0,272 Kupfer und Zinn
100,000.

5,097 Schwefeleisen, bestehend in 100 Th. aus:
62,670 Eisen
37,230 Schwefel
100,000.

0,941 Chromeisen, bestehend in 100 Th. aus:
30,440 Eisenoxydul
69,560 Chromoxyd
100,000.

48,013 Olivin, bestehend in 100 Th. aus:
36,662 Kieselsäure
0,094 Kali
0,266 Natron
0,411 Kalkerde
38,954 Talkerde
0,143 Thonerde
23,470 Eisenoxydul
100,000.

11,427 Albit, bestehend in 100 Th. aus:
68,854 Kieselsäure
0,939 Kali
11,085 Natron
19,122 Thonerde
100,000.

25,382 Augit, bestehend in 100 Th. aus:
54,485 Kieselsäure
5,053 Kalkerde
22,313 Talkerde
14,739 Eisenoxydul
2,399 Manganoxydul und Nickeloxyd
1,011 Kupfer- und Zinnoxyd
100,000.

Der Meteorstein enthält also in 100 Th.:

		Sauerstoff.	
Schwefel	1,897		
Phosphor	0,005		
Eisen	11,068		
Nickel und Kobalt	1,242		
Kupfer und Zinn	0,025		
Kieselsäure	39,301		20,416
Eisenoxydul	15,296	3,482	
Manganoxydul u. Nickeloxyd	0,609	0,136	
Chromoxyd	0,656	0,196	
Kupfer- und Zinnoxyd	0,256	0,055	
Thonerde	2,252	1,052	15,151
Talkerde	24,366	9,431	
Kalkerde	1,480	0,416	
Natron	1,395	0,357	
Kali	0,152	0,026	
	100,000.		

Wir haben aus unserer quantitativen Analyse gesehen, dafs, nach Abzug des den magnetischen Theilchen anhängenden nicht magnetischen Pulvers, das Verhältnifs des magnetischen zum nicht magnetischen Theil gleich 7,353 : 92,647, und also das spec. Gewicht der magnetischen Theilchen 5,655 ist. Da wir zugleich fanden, dafs 100 Th. nicht magnetischen Pulvers noch 2,017 magnetische Theilchen beigemengt enthalten, so stellt sich daraus das spec. Gewicht der nicht magnetischen Theilchen gleich 3,384; und da nach der Berechnung 100 Th. Meteorsteinpulver 90,86 nicht magnetischen und 9,14 magnetischen Pulvers enthalten, so finden wir für das spec. Gewicht des ganzen Steins 3,59, was ganz und gar übereinstimmt mit dem, was wir bei der Bestimmung desselben fanden, nämlich zwischen 3,57 und 3,65. Wenn wir nun berücksichtigen, dafs die magnetischen Theilchen fast ganz aus Eisen und Nickel bestehen, deren spec. Gewicht 7,7 und 8,28 ist, mufs uns das sehr kleine spec.

Ge-

Gewicht dieser magnetischen Theilchen sehr auffallend erscheinen. Sehr wichtig schienen mir also die Worte von Rammelsberg (S. 452): »Man hat es (das spec. Gewicht des Meteoreisens) meistens zwischen 7 und 8, selten unter 7 gefunden. Ich habe es versucht, eine solche Bestimmung auch an dem Eisen des untersuchten Meteorsteins (von Klein-Wenden) zu machen, und dabei 7,513 als Resultat erhalten.« Diese Bestimmung scheint mir im Widerspruch mit der, welche aus der Zusammensetzung des von ihm untersuchten Steins folgt. Schlagen wir nämlich die S. 463 erwähnte Zusammensetzung des Meteorsteins auf, so sehen wir, dafs er in demselben in 100 Th. 22,90 mit Silicaten verunreinigtes Nickeleisen, und 77,10 nicht magnetisches Pulver gefunden hat, also wenn das spec. Gewicht des ganzen Steins 3,7006 (S. 450) und das des magnetischen Theils 7,513 (S. 452) ist, dann mufs das des nicht magnetischen Pulvers 2,568 seyn, was zu niedrig ist, wie sehr deutlich aus der (S. 463) angegebenen Zusammensetzung hervorgeht, wenn man nämlich die von ihm gefundenen Mengen Schwefeleisen, Chromeisen, Olivin, Labrador und Augit mit ihrem spec. Gewicht multiplicirt, und die Summe dieser Producte durch 77,10 dividirt. Das spec. Gew.

vom	Schwefeleisen	ist	4,63
-	Chromeisen	-	4,4
-	Olivin	-	3,35
-	Labrador	-	2,75
-	Augit	-	3,35
-	Hornblende	-	3,08.

Auf diese Weise finden wir das spec. Gewicht des nicht magnetischen Pulvers 3,358, und des durch anhängende Silicate verunreinigten magnetischen Nickeleisens 4,853; beide stimmen sehr gut mit den von uns gefundenen: 3,384 und 4,93. Wir finden also, dafs das Nickeleisen wenigstens in diesen beiden Meteorsteinen, ein viel niedrigeres spec. Gewicht hat, als man aus der Summe der

spec. Gewichte des Eisens und des Nickels, jedes für sich, ableiten sollte. Aus den übrigen Meteorstein-Analysen läfst sich hierüber nichts folgern, weil in denselben nur das spec. Gewicht des ganzen Steins angegeben ist, ohne Bestimmung des Verhältnisses zwischen magnetischem und nicht magnetischem Pulver.

Chemische Untersuchung des am 22sten Mai 1827 in Sommer-Countys gefallenen Meteorsteins.

Suchen wir, auf dieselbe Weise rechnend, die Zusammensetzung des in *Sommer-Countys* gefallenen Steins, von dem ich die Analyse schon früher [1]) mitgetheilt habe.

Wir haben damals gefunden, dafs 100 Th. in Säure unlöslicher Silicate enthalten:

		Sauerstoff.	
Chromeisen	4,821		28,410
Kieselsäure	54,677		
Kalkerde	0,964	0,270	13,689
Talkerde	12,343	4,777	
Thonerde	11,185	5,223	
Eisenoxydul	8,582	1,954	
Manganoxydul	0,771	0,172	
Nickel-, Kupfer- u. Zinnoxyd	6,075	1,293	
Verlust an Kali und Natron	0,582		
	100,000.		

Ziehen wir hiervon die Zusammensetzung des *Labradors*

$$(CaO, KaO, NaO)SiO^3 + Al^2O^3SiO^3$$

ab, indem wir den Verlust an Natron und Kali als Natron in Rechnung bringen:

Labrador.

		Sauerstoff.	100 Th.
Kieselsäure	4,839	2,514	53,200
Thonerde	2,711	1,257	29,805
Kalkerde	0,964	0,419	10,598
Natron	0,582		6,397
	9,096		100,000

1) *Scheik. Onderz., Bd. I, p.* 217.

so bleibt Rest:

			Sauerstoff.
Kieselsäure	49,838		25,896
Talkerde	12,343	4,777	
Thonerde	8,474	3,966	
Eisenoxydul	8,582	1,954	12,162
Manganoxydul	0,771	0,172	
Nickel-, Kupfer- u. Zinnoxyd	6,075	1,293	

Der Rückstand enthält *Hornblende*, in welcher die Sauerstoffmenge der Basen zu der der Kieselsäure wie 4 : 9 steht, und eine kleine Menge beigemengten *Olivins*, wahrscheinlich in diesem Verhältnisse:

Olivin.

		Sauerstoff.		100 Th.
Kieselsäure	2,262		1,175	39,789
Talkerde	2,489	0,963		43,781
Eisenoxydul	0,654	0,149	1,175	11,505
Manganoxydul	0,280	0,063		4,925
	5,685			100,000.

Hornblende.

		Sauerstoff.		100 Th.
Kieselsäure	47,576		24,721	59,176
Talkerde	9,854	3,814		12,256
Eisenoxydul	7,928	1,805		9,861
Manganoxydul	0,491	0,109	10,987	0,611
Thonerde	8,474	3,966		10,540
Nickel-, Kupfer- und Zinnoxyd	6,075	1,293		7,556
	80,398			100,000

Diese *Hornblende* hat beinahe diese Formel:

$$(3MgO\ ,\ 2FeO\ ,\ NiO)2SiO^3 + Al^2O^3\ ,\ 3SiO^3.$$

Wir haben weiter in 100 Th. Meteorsteinpulver, aus welchem die magnetischen Theilchen nicht ausgezogen waren, und in 100 Th. durch den Magnet ausgezogenen Theilchen gefunden:

	Meteorstein-pulver.	Magnetisches Pulver.
Unlösliche Silicate	40,922	24,509
Kieselsäure	16,825	
Schwefeleisen	4,846	1,264
Eisenoxydul	18,505	74,463
Nickeloxyd	1,931	10,784
Kobaltoxyd	0,175	1,176
Zinnoxyd	0,125	0,471
		112,667
Manganoxydul	2,081	
Thonerde	0,226	
Kalkerde	0,301	
Talkerde	18,505	
Natron	0,351	
Kali	0,025	
	105,069.	

Aus diesen beiden Analysen finden wir durch Berechnung, dafs 100 Th. Meteorsteinpulver enthalten:

Unlösliche Silicate	40,922
Schwefeleisen	4,846
Nickeleisen	11,496
Lösliche Silicate	42,736
	100,000.

Das Nickeleisen und die löslichen Silicate enthalten in 100 Theilen:

Nickeleisen.			Lösliche Silicate.	Sauerstoff.	
Eisen	85,021	Kieselsäure	37,845		19,660
Nickel	13,001	Kali	0,056	0,009	20,935
Kobalt	1,411	Natron	0,789	0,202	
Zinn	0,567	Kalkerde	0,679	0,190	
	100,000	Thonerde	0,508	0,237	
		Talkerde	41,626	16,112	
		Eisenoxydul	13,722	3,124	
		Manganoxydul	4,681	1,050	
		Zinnoxyd	0,094	0,011	
			100,000.		

Also auch ein Drittel-Silicat oder Olivin.

Wir finden also für die procentische Zusammensetzung des ganzen Steins:

			Sauerstoff.
Schwefel	1,804		
Eisen	12,816		
Nickel	1,495		
Kobalt	0,162		
Zinn und Kupfer	0,065		
Kieselsäure	38,503		20,002
Eisenoxydul	10,029	2,283	
Maganoxydul	2,310	0,518	
Chromoxyd	1,373	0,410	
Nickel-, Kupfer- und Zinnoxyd	2,528	0,538	
Thonerde	4,807	2,245	15,168
Talkerde	22,789	8,821	
Kalkerde	0,700	0,197	
Natron	0,594	0,152	
Kali	0,025	0,004	
	100,000.		

Wir können auch die Zusammensetzung des Meteorsteins in 100 Th. also ausdrücken:

11,496 Nickeleisen, bestehend in 100 Th. aus:

Eisen	85,021
Nickel	13,001
Kobalt	1,411
Zinn	0,567
	100,000.

4,846 Schwefeleisen, bestehend in 100 Th. aus:

Eisen	62,770
Schwefel	37,230
	100,000.

1,973 Chromeisen, bestehend in 100 Th. aus:

Eisenoxydul	30,440
Chromoxyd	69,560
	100,000.

45,062 Olivin, bestehend in 100 Th. aus:

Kieselsäure	37,845
Kali	0,056
Natron	0,789
Kalkerde	0,679
Thonerde	0,508
Talkerde	41,626
Eisenoxydul	13,722
Manganoxydul	4,681
Zinnoxyd	0,094
	100,000

3,722 Labrador, bestehend in 100 Th. aus:

Kieselsäure	53,200
Natron	6,397
Kalkerde	10,593
Thonerde	29,805
	100,000.

32,901 Hornblende, bestehend in 100 Th. aus:

Kieselsäure	59,176
Talkerde	12,256
Eisenoxydul	9,861
Manganoxydul	0,611
Thonerde	10,540
Nickel-, Kupfer- und Zinnoxyd	7,556
	100,000.

Bestimmen wir aus den spec. Gewichten dieser Mineralien das spec. Gewicht des nicht magnetischen Theils, so finden wir dasselbe 3,318, und da wir für das spec. Gewicht des ganzen Steins 3,469 gefunden haben, so finden wir für das spec. Gewicht des Nickeleisens 4,632; also noch weniger als für das des Utrechter Steins, und des bei Klein-Wenden gefallenen. Diefs niedrige spec. Gewicht scheint mir beachtenswerth, und es thut mir also Leid, nicht Gelegenheit zu haben, das spec. Gewicht des Meteoreisens zu bestimmen.

Die Zusammensetzung des Meteoreisens in diesem

Stein stimmt ganz überein mit dem des Utrechter Steins; das Verhältnifs zwischen dem Nickel und dem Eisen ist ungefähr wie 1 : 6. Der Grund, weshalb Rammelsberg und Andere diefs Verhältnifs wie 1 : 9 fanden, ist dem Umstande zuzuschreiben, dafs sie das Eisenoxydul, welches zu den beigemengten Silicaten gehörte, nicht abgezogen kaben.

Bemerken wir noch zuletzt, dafs in beiden durch uns untersuchten Steinen das Verhältnifs des Sauerstoffs der Basen zu dem der Kieselsäure gerade wie 3 : 4 ist.

II. *Bemerkungen über einige meteorologische Gegenstände; von F. C. Henrici.*

1) Luftströmungen.

Bei weitem die wenigsten der atmosphärischen Erscheinungen sind nach *statischen* Principien zu erklären; die überwiegende Mehrzahl derselben wird nur verständlich, wenn wir uns vergegenwärtigen, dafs die Luftmassen, deren Verhalten wir untersuchen, in einer fortströmenden *Bewegung* begriffen sind. Um sogleich ein sprechendes Beispiel für diese Behauptung anzuführen, will ich nur an die auffallende, besonders im Winter nicht ganz selten vorkommende Erscheinung erinnern, dafs kältere schwerere Luftmassen sich in der Höhe über leichteren wärmeren befinden. Während mehrer Tage in der Mitte des Februars 1836 z. B. herrschte bei einem dauernden Barometerstande von nahe $0^m,76$ und einem sehr gleichförmig bewölkten Himmel, durch welche Umstände das Daseyn eines nördlichen Luftstromes in der Höhe unzweideutig ausgesprochen war, an der Erdoberfläche ein südlicher Wind und vollständiges Thauwetter; und Aehnliches ist fast in jedem Winter zu beobachten. Es ist

aber offenbar, dafs ein solches Verhalten nur bei in Bewegung befindlichen, niemals bei ruhenden Luftmassen stattfinden kann.

So kann denn auch nur die Bewegung die Ursache seyn, welche eine *allgemeine* Ausgleichung des Druckes unter den beiden grofsen Luftströmungen, welche das Fundamentalphänomen der atmosphärischen Luftbewegung darstellen, dem Polar- und Aequatorialstrome [1]), verhindert, da die Zeit, welche bei dem ungeheuren Umfange derselben zur Ausgleichung der Verschiedenheit des Druckes unter ihnen erforderlich seyn würde, so beträchtlich ist, dafs sie während derselben mit der ihnen eigenthümlichen Geschwindigkeit die gröfsten Strecken zu durchfliefsen vermögen. Wenn die von den glühenden Sandflächen Afrika's aufgestiegenen Luftmassen in den gemäfsigten Erdstrichen wieder zur Erdoberfläche niedersinken, so zeigen sie in ihrer Hauptmasse zum grofsen Theil noch die ihnen dort eingeprägten Eigenschaften, nämlich die höhere Wärme und die beträchtliche Ausdehnung, welche letztere ganz allein die Ursache der ihnen eigenthümlichen niederen Barometerstände seyn kann. Das entgegengesetzte Verhalten zeigen aus gleichem Grunde die vom Pole abfliefsenden Luftmassen; auch sie werden mit den ihnen eingeprägten Eigenschaften fortbewegt, und erst im Laufe einer langen Reise, in höheren Breiten allmälig, in den Aequatorialgegenden aber rascher, in andere Zustände übergeführt.

Hieraus erklärt sich nun auch sehr einfach die allgemein bestätigte Erfahrung, dafs auf der ganzen nördlichen Erdhälfte die südwestliche Windesrichtung mehr und weniger vorherrschend ist. Findet nämlich, wie es nicht anders seyn kann, zwischen dem Pole und dem Aequator ein vollständiger Austausch der Luftmassen statt, so müssen die vom Aequator abfliefsenden wärmeren aus-

1) Eigentlich sollte ich Polar- und Aequatorial*strömen* sagen; denn ohne Zweifel sind ihrer auf jeder Erdhälfte mehre vorhanden.

gedehnteren Luftmassen nothwendig einen gröfseren Raum einnehmen, und, wenn ihnen dieser nicht hinreichend dargeboten wird, zugleich mit gröfserer Geschwindigkeit sich fortbewegen, als die vom Pole abfliefsenden kälteren dichteren Luftmassen [1]). Nun müssen, in Folge der ungleichen Gröfse der Parallelkreise, die letzteren bei ihrer Fortbewegung zum Aequator allmälig in gröfsere Räume sich ausbreiten, also an Druck abnehmen, die Aequatorialströme dagegen bei ihrem Fortrücken zum Pole allmälig in engere Räume sich zusammenziehen, also an Druck zunehmen. Daraus folgt, dafs von zwei, in der Richtung dieser Ströme liegenden Orten der nördlichere sowohl im Polarstrome, als im Aequatorialstrome einen höheren Luftdruck als der südlichere zeigen mufs, wenn keine störenden Ursachen abändernd einwirken. Vergleicht man in dieser Beziehung z. B. Wien und St. Petersburg, Carlsruhe und Stockholm [2]), so findet sich das Gesagte vollkommen bestätigt.

Wenn gleich nun, bei der ungeheueren Ausdehnung der in den beiden grofsen Strömungen fortbewegten Luftmassen eine *allgemeine* Ausgleichung des Drucks (und mehr noch der Wärme und Feuchtigkeit) während ihrer Fortbewegung unter ihnen nicht erfolgen kann, so mufs doch eine theilweise Ausgleichung ihrer Zustände, nämlich an ihrer gegenseitigen Begränzung, in grofser Ausdehnung stattfinden; und eben daraus entspringt, wie wir wissen, die grofse Mannigfaltigkeit der Uebergangszustände in Druck, Bewegung, Wärme und Feuchtigkeit, welche die meteorologischen Beobachtungsjournale uns vor Augen legen. In gleicher Weise, wie die grofsen Luftströme gegenseitig auf einander wirken, wirkt auch die Erdoberfläche auf beide bei ihrem Fortrücken allmälig abändernd ein; der Polarstrom nimmt dadurch an Wärme allmälig

1) Vergl. Kämtz, Vorlesungen über Meteorologie, S. 348.

2) S. ebendaselbst die Tafel, S. 329.

zu, der Aequatorialstrom ab, der erstere (allgemein gesprochen) an Trockenheit zu, der letztere ab.

Wenn die allgemeine Ausgleichung des Drucks unter den beiden Hauptluftströmen nur durch deren ungeheuern Umfang verhindert wird, so ist klar, dafs Luftmassen von beschränkterem Umfange, welche sich unter dem Einflufs der grofsen Strömungen befinden, den Druck der letzteren mehr und weniger annehmen müssen, ohne dafs übrigens eine grofse Aenderung ihrer Wärme und Feuchtigkeit, deren Fortpflanzung ohne Vergleich langsamer erfolgt, damit verbunden zu seyn braucht. So kann es denn, wie die zu Anfang angeführte Beobachtung zeigt, geschehen, dafs bei einem feuchten, warmen, südlichen Winde vorübergehend ein Barometerstand, wie er eigentlich nördlichen Winden zukommt, stattfindet.

Zieht man zwei weit von einander abstehende senkrechte Durchschnitte eines und desselben Luftstromes in Betrachtung, so ergiebt sich aus dem Vorigen sogleich, 1) dafs die Luftmassen an den verschiedenen Stellen eines und desselben Durchschnittes sehr verschiedene Zustände haben müssen, indem die mittleren Stellen am meisten ihren ursprünglichen (den am Pole oder Aequator zu einem Maximum gewordenen) Zustand bewahrt haben müssen, während die der Begränzung näher liegenden durch den Einflufs der angränzenden Luftströme und der Erdoberfläche mehr und weniger verändert sein werden; 2) dafs aber auch die correspondirenden Stellen in beiden Durchschnitten nicht mehr in ihren Zuständen völlig übereinstimmen können, und zwar am wenigsten in der Gegend der Begränzung wegen der daselbst überwiegend zunehmenden Einwirkung der Umgebung. Es folgt hieraus, was auch die Vergleichung gleichzeitiger Barometerbeobachtungen an entfernten Orten gelehrt hat, dafs nur mäfsig von einander entfernte Orte zu correspondirenden Barometerbeobachtungen zum Zwecke von Höhenbestimmungen tauglich sind, und dafs sie dieses in

jedem einzelnen Falle um so mehr sind, je mehr die sie verbindende Linie mit der herrschenden Windesrichtung übereinstimmt.

Zu den auffallendsten Erscheinungen geben zuweilen, besonders im hohen Sommer, partielle Luftmassen von beschränkterem Umfange Veranlassung, welche, wie Verirrte von einer gröfseren Gemeinschaft, mit abweichender Bewegungsrichtung in den herrschenden Luftstrom eindringen und darin fortziehen. Vorzugsweise sind es in südwestlicher Richtung ziehende Luftmassen, welche so mit ihren charakteristischen tief schwebenden dunklen Haufenwolken in einer sonst mehr und weniger stillen Luft eine eigene abweichende Bahn verfolgen. Ich habe an einem Nachmittage im Julius 1831 eine sehr auffallende Erscheinung zu beobachten Gelegenheit gehabt, welche mir nur nach dieser Ansicht erklärt werden zu können scheint. Ein lange anhaltender Zug solcher tief hängender dunkler Haufenwolken kam von Südwesten über der benachbarten Höhegegend gegen das eine halbe Wegstunde von hier entfernte Dorf Lenglern herangezogen, erreichte dasselbe aber nicht; denn über der, demselben zunächst liegenden (keineswegs bedeutenden) Höhe, welche eine westliche Abdachung zum Leinethal bildet, hatte sich eine mächtige gleichförmig graue und ausnehmend dichte Wolkenmasse gebildet, in welcher die ankommenden Haufenwolken völlig verschwanden, und aus welcher eine ganz ungewöhnliche Regenmasse herabfiel, während sie an ihrer Ostseite gegen das Leinethal das Ansehen einer senkrechten, ziemlich scharf abgeschnittenen Wand hatte. Die allgemeine Windesrichtung bei übrigens stiller Luft war westlich, und am folgenden Tage war das Wetter ganz heiter. Als ich Nachmittags durch die Flur von Lenglern fuhr, fand ich die am Abhange der bezeichneten Höhe belegenen Felder durch den vortägigen Regen sehr verwüstet.

2) **Relative Feuchtigkeit der Ostwinde.**

In den vortrefflichen Vorlesungen über Meteorologie von Kämtz befinden sich auf S. 124 etc. einige Angaben über die relative Luftfeuchtigkeit bei verschiedenen Winden, welche eine vorwaltende relative Feuchtigkeit der nördlichen und östlichen Winde im Winter darzuthun scheinen, womit meine, seit einer längeren Reihe von Jahren hier gemachten Erfahrungen nicht übereinstimmen wollen. Was ich in dieser Beziehung hier beobachtet habe, ist Folgendes: In den meisten Fällen treten die östlichen Winde, gerade im Winter, mit großser Kälte und völlig heiterem Himmel plötzlich ein, und man kann, je mehr dieses der Fall ist, desto mehr auf eine längere Dauer derselben schliefsen. Der meistens vorher durchnäfste Boden erstarrt dann sogleich bis in mehr und weniger bedeutende Tiefe, und bildet dadurch eine (für die Landwege sehr nachtheilige) äufserst rauhe Oberfläche. Aber im Verlauf einiger Tage fängt diese starre Oberfläche an auszutrocknen, und an Stellen, welche von dem Winde gehörig bestrichen werden, fangen sogar kleine Eisdecken an zu verschwinden. Liegt etwa Schnee, so erfährt auch dieser eine mit jedem Tage sichtbar fortschreitende Verdunstung. Ich habe nicht selten beobachtet, dafs bei Wochen lang anhaltend wehenden östlichen Winden während strenger Kälte eine mehrzöllige Schneedecke völlig verschwand, und der Boden bis auf mehr als Zolles Tiefe zu Staub wurde. Allerdings wird diese auffallende Austrocknung dadurch bedeutend unterstützt, dafs die ausgetrocknete Oberfläche aus der erstarrten Tiefe kein Wasser, zum Ersatz des verdunsteten, anziehen kann, aber dessen ungeachtet erscheint sie, bei Berücksichtigung der zur Zeit stattfindenden niedrigen Temperatur, sehr bedeutend, und setzt daher unfehlbar eine beträchtliche relative Trockenheit der östlichen Winde auch bei der strengsten Winterkälte voraus.

Gegen den plötzlichen Eintritt der östlichen Winde (des Polarstroms) contrastirt in auffallender Weise der sehr allmälige Uebergang der Windesrichtung auf die Westseite, besonders wenn jene anhaltend geweht haben; nicht selten vergehen mehre Tage, bis derselbe vollendet ist. Aber angekündigt wird dieser Uebergang regelmäfsig, auch bei anfangs noch vorhandenem heiteren Himmel, durch eine *zunehmende Feuchtigkeit der Luft*, welche sich unzweideutig durch eine vorher nicht bemerklich gewesene reichliche nächtliche Bildung von Reif, der dann nicht selten den Boden und die Dächer der Gebäude ganz überdeckt, zu erkennen giebt. Währt bei herrschend gewordenem westlichen Winde die Frostkälte fort, so setzt sich wohl nach und nach an geeigneten (besonders schattigen) Stellen eine solche Menge von Reif ab, dafs sie das Ansehen beschneiter Gegenstände bekommen, von welchem Allen bei herrschenden östlichen Winden nichts wahrzunehmen ist.

In der That, wenn wir die beiden Hauptluftströmungen in Beziehung auf ihren Ursprung betrachten, so scheint den östlichen Winden (dem Polarstrome) eine gröfsere relative Trockenheit auch im Winter nothwendig eigen seyn zu müssen. Der Aequatorialstrom, welcher sich auf seinem Wege zu uns bereits merklich abgekühlt hat, kommt, zumal im Winter, fast mit Wasser gesättigt und sogar oft übersättigt in unseren Breiten an; und so sind denn auch, hier wenigstens, Wintertage mit südwestlichen Winden ohne Regen oder neblichte Feuchtigkeit sehr selten. Der Polarstrom dagegen ist in der Polargegend des gröfsten Theils seines Wassergehalts beraubt worden, und mufs daher, indem er sich auf seinem Wege zu uns allmälig erwärmt, nothwendig an Trokkenheit zunehmen.

Allerdings können die erörterten Verhältnisse durch mancherlei Umstände modificirt und sogar verdunkelt werden. Wenn z. B. die östlichen Winde nur vorüberge-

hend, während einer regelmäfsigeren Aufeinanderfolge der Winde im Sinne des Drehungsgesetzes N. O. S. eintreten, so können ihre charakteristischen Eigenschaften offenbar nicht vollständig zur Erscheinung kommen. Auch wirken auf den hygrometrischen Zustand der Luft (viel mehr als auf die übrigen meteorologischen Elemente) örtliche Verhältnisse wesentlich abändernd ein. So kann ohne Zweifel schon die Nähe gröfserer Wasserflächen durch die häufige Nebelbildung, wozu sie gerade im Winter die Veranlassung geben, einen beträchtlichen Einflufs auf die Beobachtungen des Hygrometers ausüben. Selbst die Nähe gröfserer Orte kann merklich darauf einwirken, und es dürften daher für Hygrometerbeobachtungen isolirte und in mäfsiger Höhe über dem Boden befindliche Standpunkte am besten geeignet seyn. Endlich scheint mir, dafs man, um den charakteristischen Unterschied der verschiedenen Winde in Beziehung auf ihren relativen Feuchtigkeitszustand vor Augen zu legen, solche Beobachtungen zur Vergleichung auswählen müsse, welche zu den Tageszeiten der gröfsten Trockenheit gemacht worden sind; man erlangt dadurch, geometrisch gesprochen, einen unmittelbaren Ueberblick der Scheitelpunkte derjenigen Curven, welche den Gang der relativen Feuchtigkeit der verschiedenen Winde für beliebig zu wählende Zeiträume (Jahreszeiten, Monate oder Tage) darstellen. Auch die Menge des nächtlichen Thauniederschlags würde ein brauchbares Maafs für die relative Feuchtigkeit der Winde gewähren können, wenn sie nicht so abhängig von zufälligen Umständen (der Himmelsansicht und der Stärke der Luftbewegung) wäre.

Wenn ich vorhin gesagt habe, dafs bei östlichen Winden keine bemerkliche Bildung von Reif stattfinde, so habe ich damit jedoch nicht sagen wollen, dafs die nächtliche Thaubildung bei diesen Winden im Winter ganz fehle; sie kommt in der That in geringerem Grade auch bei der strengsten Kälte noch vor. Jedem, der reine

Schneeflächen an geeigneten Plätzen (z. B. in Gärten) zu beobachten veranlaſst gewesen ist, muſs die häufige Bildung von Reif auf deren Oberfläche in Zeiten strenger heiterer Kälte aufgefallen seyn. Um diesen Vorgang besser vor Augen zu bekommen, legte ich in den durch heftige Ostwindskälte ausgezeichneten Weihnachtstagen des Jahres 1840 eines Abends einige Stücke gespaltenen Buchenholzes an eine geschützte Stelle im Freien. Als ich dieselben an einem der folgenden Tage untersuchte, fand ich sie mit reihenweise nach der Lage der Holzfasern geordneten, aufgerichteten, sehr dünnen Eisblättchen, von etwa einem halben Quadratzoll Oberfläche die gröſsten, in mäſsiger Zahl besetzt. Also auch bei solcher Kälte erfolgt noch Thau*bildung*, nur freilich mit unmittelbarem Uebergang des atmosphärischen Wassers aus dem gasförmigen in den starren Zustand.

Eine auffallende Erscheinung ist mir von jeher die sonderbare Verwandlung gewesen, welche der Schnee bei anhaltender Kälte in seinem Aggregatzustande erfährt, indem er, ohne irgend eine vorübergehende Einwirkung einer höheren Temperatur, zunehmend grobkörniger wird. Der Einwirkung der Sonnenstrahlen kann diese Verwandlung nicht zugeschrieben werden, da sie auch an schattigen Orten erfolgt.

3) Abendroth und Morgenroth.

Vor einiger Zeit hat Forbes die Beobachtung gemacht, daſs der aus einem Dampfkessel ausfahrende Dampfstrahl in einer gewissen Höhe einem Beobachter, bei hinreichender Beleuchtung von der Rückseite, in der Farbe des Abendroths erscheint, und hieraus die Erscheinung des Abendroths selbst, unter Zugrundlegung der Ansichten de Maistre's, hergeleitet [1]). Zu diesem Zwecke nimmt Forbes für das atmosphärische Wasser, auſser der Gasform und der Bläschenform, noch einen dritten

1) Diese Annalen, Ergzbd., S. 49.

intermediären Zustand an, ohne sich jedoch darüber zu erklären, wie derselbe beschaffen sey. Es hat mir geschienen, dafs die Annahme eines neuen hypothetischen Zustandes des Wassers zur Erklärung der Färbung des Abendhimmels nicht erforderlich sey, da ähnliche Farbenerscheinungen auch durch Substanzen, welche der Atmosphäre an sich völlig fremd sind, veranlafst werden, und hieraus auf den Vertheilungszustand des Wassers in der Luft zur Zeit der Abendröthe geschlossen werden kann. Eine solche Substanz ist der Rauch von verbrennenden Vegetabilien. Leider sind die Sommertage im nördlichen Deutschland nur zu oft durch eine Anfüllung der Luft mit jenen weitziehenden Rauchmassen bezeichnet, welche aus dem Abbrennen grofser Moor- und Haideflächen in den norddeutschen Haidgegenden entspringen. Diese Rauchmassen veranlassen aber ganz ähnliche Farbenerscheinungen, wie der reinere Abendhimmel für sich [1]). Alle durchgehenden Lichter erscheinen dabei in mehr oder weniger röthlicher Färbung, und an Orten, welche dem Moorbrennen nahe sind, erscheint die Abendsonne zuweilen fast blutroth. Das von diesen Rauchmassen reflectirte Licht ist dagegen ein bläulichgraues, was man am besten beobachten kann, wenn man die Rauchmassen bei heiterem Himmel von Ferne herankommen sieht, wie man z. B. in Westphalen nicht selten solche Rauchwolken über nahe Anhöhen sich herabwälzen und in kurzer Zeit sich selbst von denselben eingehüllt sieht. So wie nun das durchgelassene Licht des Abendhimmels mit dem dieser Rauchmassen, so stimmt auch das reflectirte Licht beider überein. An Abenden, welche das Abendroth zeigen, findet sich nämlich der östliche Himmel stets in derselben charakteristisch bläulichgrauen Färbung, welche

1) Im Kleinen zeigen schon die an kalten Wintermorgen zur Zeit des Sonnenaufgangs bei stiller Luft aus Schornsteinen senkrecht aufsteigenden Rauchsäulen dieselbe Erscheinung.

che der Rauch bei auffallendem Lichte annimmt, und diese Färbung ist an manchen Sommerabenden so intensiv, dafs man sie bei einer flüchtigen Beobachtung von Wolken herzuleiten versucht seyn könnte. Die specifische Wirkung des Rauchs auf das Licht beruht aber, so viel wir wissen, nur auf der äufserst feinen, dem blofsen Auge nicht erkennbaren Vertheilung, worin die Kohle sich im Rauche befindet. Eine solche höchst feine Vertheilung in durchsichtigen Mitteln ertheilt den verschiedensten Körpern die Eigenschaft, in ähnlicher Weise wie der Rauch auf das Licht zu wirken, so z. B. der Knochenasche im Milchglase. Das Abendroth ist demnach, wie mir scheint, auf die ungezwungenste Weise aus einer entsprechenden höchst feinen Vertheilung des Wassers in der Atmosphäre zu erklären.

Ueber die Entstehung dieses Vertheilungszustandes dürfte Folgendes zu sagen seyn. Es ist bekannt, dafs an ruhigen Abenden die Wolken sich allmälig verkleinern und zuletzt oft ganz verschwinden. Dieses setzt eine Verdunstung der Dampfbläschen [1]) voraus. Beim

1) Die Dampfbläschen (man sollte sie eigentlich Wasserbläschen nennen) nehme ich hier als wirklich existirend an. Man hat bekanntlich an ihrer Existenz vielfach gezweifelt, weil man ihre Entstehung für unwahrscheinlich hielt. Aber es scheint die Schalenbildung mit hohlen Räumen ein sehr allgemeiner Vorgang in der Natur zu seyn. Wir finden sie unter andern äufserst häufig bei der Ausscheidung fester Körper aus ihren Lösungen, z. B. bei der Ausscheidung des kohlensauren Kalks aus kohlensauren Wassern. Die Beobachtungen von Link (diese Ann., Bd. 46, S. 258) sind hier als sehr bezeichnend anzuführen. Die schalenförmigen Concentrationen fester Körper sind oft von sehr unregelmäfsiger zusammengehäufter Bildung; bei flüssigen Concentrationen ist natürlicherweise nur die Kugelform möglich. Die Hauptschwierigkeit für die Bildung so zarter Wasserhüllen, wie die Bläschen sie besitzen müssen, scheint mir in der geringen Zähigkeit (Cohäsion) des Wassers zu liegen, und ich halte aus diesem Grunde Zweifel an der Existenz der Bläschen allerdings für zulässig. Diese Frage berührt übrigens meine Ansichten in der Hauptsache nicht. — Beiläufig erlaube ich mir noch zu bemerken, dafs ich

Fortschreiten derselben wird also ein Zeitpunkt eintreten, wo sie platzen, und dadurch in äufserst feine unsichtbare Tröpfchen verwandelt werden; und dieses scheint mir der fragliche Zustand des atmosphärischen Wassers zu seyn. Solche Tröpfchen werden also auch in den heiteren Theilen des Abendhimmels vorhanden seyn und dessen Durchsichtigkeit *vermindern*, wie dieses in der That unter den fraglichen Umständen immer zu beobachten ist, am augenfälligsten am östlichen Abendhimmel, wo z. B. das Licht des aufgehenden Mondes durch die vorhandene Trübung merklich geschwächt und auch geröthet erscheint. Für die Entstehung der Färbung am wolkenlosen Abendhimmel läfst sich wohl mit Grund annehmen, dafs auch die wolkenfreien Theile der Atmosphäre Dampfbläschen in mehr oder minder grofser Menge, wenn auch nicht in der zur Wolkenbildung erforderlichen Concentration, enthalten. Der wolkenlose Abendhimmel zeigt denn auch, damit übereinstimmend, nie die intensive Färbung wie die zarten im Vergehen begriffenen Wolkenstreifen.

Aufserdem kann es wohl nicht zweifelhaft seyn, dafs das atmosphärische Wassergas bei seiner Condensation in den verschiedensten Formen tropfbar werde. Es ist gar kein plausibler Grund vorhanden anzunehmen, dafs bei der Condensation nur die Bläschenform entstehe; vielmehr mufs man glauben, dafs dabei nicht nur Bläschen von sehr verschiedener Gröfse, sondern auch Tröpfchen von höchst verschiedener Gröfse und darunter also auch

die in der angeführten Abhandlung enthaltenen hypothetischen Ansichten nicht theile, auch die Meinung nicht, dafs die darin beschriebenen Erscheinungen auf eine kugelförmige Gestalt der Körperatome schliefsen lassen, vielmehr glaube, dafs man allgemein für die einfachen Körper eine ellipsoïdische Atomenform annehmen müsse, da sich nur aus einer solchen die verschiedenen allotropischen Zustände derselben herleiten lassen werdon. Diese gehen, soviel wir wissen, nicht über das Dreifache hinaus, welchem äufsersten Falle Ellipsoïde mit drei ungleichen Axen entsprechen würden.

Tröpfchen von solcher Kleinheit entstehen, wie sie zu der in Rede stehenden Einwirkung auf das Licht geeignet sind. So finden sich auch in den Niederschlägen kalkhaltiger Wasser nicht blofs schalenförmige Concentrationen, sondern auch ausgebildete kleine Krystalle. Ohne Zweifel ist eine sehr allmälige Abkühlung der Luft bei grofser Ruhe der Entstehung von zarten Tröpfchen besonders günstig, wogegen bei rascherer Condensation (z. B. bei der Vermischung heterogener Luftmassen) mehr die Bläschenform erscheinen wird, analog den Vorgängen bei der Ausscheidung starrer Körper aus ihren Lösungen.

Auch die Wolken, welche uns nur durch die Dampfbläschen sichtbar werden, müssen hiernach condensirtes Wasser in Tropfenform enthalten, und aufserdem werden die Wölkchen des Abendhimmels von einer mehr oder weniger dichten Hülle von aus der Verdunstung der Bläschen entstandenen Tröpfchen umgeben seyn.

Was das Morgenroth betrifft, so ist zu bemerken, dafs dasselbe niemals die intensive Färbung des Abendroths erlangt. Es ist aber, wie mir scheint, nicht zweifelhaft, dafs derjenige Zustand der Atmosphäre, welcher die Entstehung des Abendroths bedingt, nicht blofs zur Zeit des Sonnenuntergangs, sondern häufig auch nachher und während der Nacht sich bilde, also nicht erst gegen den Sonnenaufgang sich zu bilden braucht, sondern alsdann bereits gebildet vorhanden seyn wird. Uebrigens kann in der That die Atmosphäre zu den verschiedensten Tageszeiten in einem Zustande seyn, welcher die Entstehung der feinsten zartesten Tröpfchen im Processe der Condensation zuläfst, und dieser Zustand wird eben der seyn, wo eine Ausscheidung von Wasser ohne Wolkenbildung bei ruhiger Luft, in Folge einer langsamen geringen allgemeinen Abkühlung derselben, stattfindet. In diesem Falle, welcher namentlich im Winter nicht selten und auch gewifs zuweilen in der Morgen-

zeit vorhanden ist, nimmt die Luft eine allgemeine Trübung an, ohne dafs Wolken oder Nebel [1]) entstehen; dafs aber dieser Zustand der Luft der Erscheinung des Abendroths günstig sey, habe ich noch vor Kurzem bei ziemlich hochstehender Sonne wahrgenommen, indem nämlich das von am Horizonte stehenden Wolken reflectirte Sonnenlicht in tief gelber Färbung, das unmittelbar durchgelassene dagegen weifslich erschien.

Die im Vorigen versuchte Erklärung steht im Einklange damit, dafs nur die in der Nähe der Erdoberfläche vorbeigehenden Sonnenstrahlen die Färbung des Abendroths erlangen; denn in der That können die von mir in Anspruch genommenen Processe in der Atmosphäre zunächst nur in einiger Nähe der Erdoberfläche stattfinden. So kann z. B. das Verschwinden der Wolken am Abend erst dann eintreten, wenn bei sinkender Sonne die Erwärmung und Verdunstung der Erde, welche umgekehrt zur Bildung von Wolken Veranlassung geben, aufhören. Je länger dann der Weg der Sonnenstrahlen in den wirksamen Schichten der Atmosphäre ist, je näher sie also an der Erdoberfläche vorbeigehen, desto intensiver mufs die Wirkung ausfallen.

Mit dem Abendroth und Morgenroth, als primären Erscheinungen direct durchgelassenen Lichtes, hängt sichtlich als durch sie bedingt die schöne, mehr und weniger intensive, vom Rosenrothen bis in's Tiefpurpurrothe gehende Färbung zusammen, welche man so oft Abends und Morgens an zertheiltem Gewölk wahrnimmt. Sie zeigt sich vorzugsweise an den lockeren Abänderungen der Schichtwolke, am herrlichsten an dem sogenannten

1) Kann eigentlicher Nebel, wie der Thau, durch blofse Abkühlung einer ruhigen Luft entstehen? ich glaube es nicht, bin vielmehr der Meinung, dafs derselbe sich nur dann bilde, wenn in gesättigte Luftschichten Wasserdämpfe aus Wassern oder einem durchnäfsten Boden aufsteigen, was immer eine die der Luftschichten übersteigende Temperatur der letzteren voraussetzt.

Lämmergewölk (*cirro-stratus*), geht oft bis zum östlichen (und resp. westlichen) Himmel hinab, und erscheint, was entscheidend für ihre Entstehung ist, stets an der dem Abendroth (oder Morgenroth) zugekehrten Seite des Gewölks. Auch geht ihr am Abendhimmel immer eine gewöhnliche weifsliche Beleuchtung voraus, welche erst nach dem Sonnenuntergange die bezeichnete Färbung annimmt; Morgens ist der Verlauf ein umgekehrter. Es kann nicht zweifelhaft seyn, dafs diese Erscheinung aus der Reflexion des Abend- und Morgenroths von den bezeichneten Wolken und dem Hinzutreten directen Himmelslichts zu dem reflectirten, woraus die Einmischung blauer Strahlen entspringt, hervorgeht. Diese secundäre Erscheinung übertrifft an wundervoller Schönheit zuweilen die primäre, erlangt auch, wie die letztere, am Abend die intensivste Entwicklung. Erst ganz kürzlich habe ich sie in besonderer Schönheit zu beobachten Gelegenheit gehabt. Gegen den Untergang der Sonne befanden sich zwei Wolkenschichten am Himmel. Die obere bestand aus sehr gelockertem Gewölk, welches den Himmel ziemlich überzogen hatte. Unter diesem schwebten am westlichen Himmel hin und wieder sehr schmale, aber dichtere Wolkenstreifen. Sobald die Sonne sich tiefer senkte, nahmen diese letzteren eine tiefgelbe Färbung an, während das obere Gewölk noch weifslich beleuchtet war. Jenes Gelb ging dann allmälig in rothe Farben und zuletzt in das schönste Purpur über; in diesem Augenblick erglänzte das obere Gewölk in rosigem Licht. Während dieses nun seinerseits in eine zarte Purpurfarbe überging, welche jedoch wegen der gröfseren Lockerheit des Gewölks weniger intensiv als bei den dichteren Wolkenstreifen war, traten diese letzteren in den Erdschatten, und hatten in dem Augenblicke der stärksten Röthe des oberen Gewölks alle Beleuchtung verloren.

Ich glaube noch bemerken zu müssen, dafs die Vermehrung der rothen Strahlen in dem reflectirten Abend-

und Morgenroth nur eine Folge des bedeutend verlängerten Weges der Lichtstrahlen in der Atmosphäre seyn kann, wodurch nothwendig die rothen Strahlen ein vergröſsertes Uebergewicht erlangen müssen.

Da die Erscheinung des Abendroths durch das atmosphärische Wasser bedingt wird, so folgt, daſs sie bei groſser relativer Trockenheit der Luft nicht bedeutend seyn könne. Damit stimmen Beobachtungen, die ich im August 1837 in Mailand zu machen Gelegenheit hatte, überein. Ich habe nämlich daselbst den Abendhimmel zwar mehrmals in ausgezeichneter Beleuchtung gesehen, aber diese war nicht einer Rothgluht, sondern vielmehr einer hellen Weiſsgluht zu vergleichen, und ich bin geneigt, sie im Wesentlichen von einer unendlichen Menge in der Luft schwebender Staubtheilchen (die Wärme und Trockenheit war zu der Zeit auſserordentlich groſs) herzuleiten, was dadurch bestätigt zu werden scheint, daſs später nach Sonnenuntergang die intensivste Bläue und Durchsichtigkeit der Luft bis zum Horizont hinabreichte, ohne eine Spur von jener Trübung, welche in unserem Vaterlande fast nie fehlt.

Ueber diese Trübung erlaube ich mir noch eine Bemerkung. Ich habe oben gesagt, daſs der östliche Abendhimmel zur Zeit des Abendroths bläulichgraues Licht reflectire. Diese Reflexion erfolgt bekanntlich nur von dem bereits im Erdschatten befindlichen Theile des östlichen Himmels, während an dessen Gränze der Dämmerungsschein sich zeigt, der nichts anderes als reflectirtes Abendroth ist. Jenes bläuliche Grau kann daher nur aus der Reflexion des schwachen bläulichweiſsen Himmelslichts entspringen, und die fragliche Trübung muſs daher, wenigstens von intensiverem Lichte, auch andere als die bläulichgrauen Strahlen reflectiren können, was darauf hindeutet, daſs in derselben das atmosphärische Wasser nicht bloſs in der die Erscheinung des Abendroths bedingenden Vertheilung vorhanden ist. Der Dämmerungs-

schein nimmt bekanntlich mit der Höhe an Intensität rasch ab, und erstreckt sich überhaupt nicht über eine gewisse Höhe; dieses ist in Uebereinstimmung damit, dafs vorzugsweise nur in den der Erdoberfläche näheren Luftschichten das atmosphärische Wasser den in Rede stehenden Vertheilungszustand annimmt.

Es ist mir oft aufgefallen, dafs nur im Sommer, nicht im Winter, auf die Morgenröthe Wasserniederschläge zu folgen pflegen. Dieses Verhalten wird sich daraus erklären lassen, dafs im Winter die Morgenröthe nur bei einem gewissen Grade von Heiterkeit und Kälte, wo die Verdunstung schwach ist, zu erscheinen pflegt, wogegen man sie im Sommer nur bei sehr feuchtem Luftzustande wahrnimmt. Meinen Ansichten zufolge kann aber der für die Entstehung der Himmelsröthe erforderliche Zustand der Luft sowohl bei abnehmender als bei zunehmender Feuchtigkeit eintreten.

4) Gewitter.

Die meisten Gewitter erscheinen in unseren Gegenden als Folge der Vermischung verschiedener Luftströme; die durch den aufsteigenden Luftstrom verursachten sind bei uns verhältnifsmäfsig selten, und scheinen vorzugsweise und im grofsartigsten Maafsstabe nur in Hochgebirgen vorzukommen. Doch kommen auch bei uns zuweilen Gewitter zur Entwicklung, deren Entstehung nur aus aufsteigenden Luftströmen hergeleitet werden kann. Für solche Gewitter ist es charakteristisch, dafs sie nicht merklich auf das Barometer wirken, in der Richtung des herrschenden Windes fortziehen und immer von beschränkterem Umfange sind; eben deshalb haben sie auch keinen erheblichen Einflufs auf die herrschende Witterung. Dessen ungeachtet können sie bedeutende Regengüsse veranlassen; auch erscheinen sie zuweilen während einer herrschenden östlichen Windesrichtung und mit derselben fortziehend, welche Anomalie ihren Ursprung zu

erkennen giebt. Bei manchen Gewittern dieser letzteren Art mögen freilich auch von fern andringende westliche Winde wirksam seyn, was, wenn der östliche Wind herrschend bleibt, sich zuweilen der Erkennung entziehen mag.

In grofser Reinheit habe ich die durch den aufsteigenden Luftstrom verursachte Gewitterbildung in dem schönen April des Jahres 1832 beobachtet. Die dauernd herrschende Windesrichtung war westlich, etwa WSW., die Luft sehr mild und der Himmel Morgens immer heiter. Einige Stunden vor Mittag aber kamen einzelne kleine Haufenwolken, das sichere Kennzeichen des Vorhandenseyns aufsteigender Luftströme, zum Vorschein; sie nahmen allmälig an Umfang und Häufigkeit zu, und erreichten um die Mitte des Nachmittags ihre gröfste Entwicklung. In diesem Stadium waren immer einige derselben, von besonders vergröfserter, doch immer noch leicht übersehbarer Ausdehnung, zu wahren Gewitterwolken mit Blitz und Donner, aber unbedeutendem Regenfall geworden. Dieser Zustand war indessen sehr vorübergehend, die Wolken verloren nach und nach an Umfang, und Abends war der Himmel wieder heiter. Das Barometer wurde durch diese Vorgänge nicht merklich afficirt, und derselbe Verlauf stellte sich in einer Reihe von Tagen täglich ein.

War mir so die Wirkung aufsteigender Luftströme im heimischen Hügellande in ihren Anfängen vor Augen getreten, so wurde mir bald nachher, im September 1833, die erwünschte Gelegenheit, dieselbe in den Seealpen in ihrer grofsartigsten Entwicklung zu beobachten. Ich reiste von Genua nach Nizza, anfangs bei regnichtem Wetter, später aber, von S. Remo an, im schönsten Sonnenschein. Mit dem Eintritt des beständigen Wetters traten die meteorologischen Verhältnisse des Küstenlandes in vollständiger Entwicklung auf; Nachts wehte Landwind, am Tage lebhafter Seewind. Am Morgen war die Durchsichtigkeit

der Luft so grofs, dafs man von Nizza aus die Berge Corsica's in deutlichen Umrissen sehen konnte; während des Tages verschwanden sie. Sobald der Seewind, an der Abdachung der Alpen aufsteigend, ihre Höhen erreichte, erfolgte daselbst eine ausgedehnte Wolkenbildung, und in den Nachmittagsstunden war die Ausbildung ausgebreiteter Gewitter auf den Alpen vollendet. Dieser Vorgang erneuerte sich täglich, und ich konnte denselben bis auf die Höhe des Tenda, bei meinem Uebergange über denselben, verfolgen. Dieser und seine Nachbaren scheinen für die Wirkung des aufsteigenden Seewindes landeinwärts die Gränze zu bilden; wenigstens gelangte ich von dem früh Morgens gröfstentheils noch im Sonnenschein erstiegenen Gipfel des Passes beim Niedersteigen in's Thal von Limona aus dichtem Gewölk allmälig wieder in's heiterste Wetter, während die Höhen des Tenda und seiner Nachbaren von Wolken bedeckt blieben. So war ich auch von Mentone aus, beim Uebergange über die geologisch und botanisch höchst anziehende Höhe, über welche die schöne grofsartige Strafse nach Nizza führt, aus dem Sonnenschein in dichte Wolken, und aus diesen wieder in den Sonnenschein getreten.

Die Gewitter zeigen bekanntlich eine ungemein grofse Verschiedenheit hinsichtlich ihrer Gefährlichkeit. Am meisten scheint dieselbe durch die Entfernung der Gewitter von der Erdoberfläche bedingt zu werden. Daher rührt die Gefährlichkeit der Wintergewitter und der durch plötzlich einbrechenden eisigen Nordostwind verursachten. Die letzteren sind verhältnifsmäfsig selten, aber fast immer von aufserordentlicher Stärke, besonders wenn vor dem Eintritt des eisigen Polarstroms ein feuchtwarmer Südwestwind wehte. Bei solchen Gewittern hört man in der hiesigen Gegend, in welcher die Gewitter im Allgemeinen nicht bedeutend sind und bald vorüberzuziehen pflegen, fast immer von Einschlagen des Blitzes; nicht selten trifft dieser sogar niedrige Kornhaufen, wo-

durch wiederholt Menschen, welche unter denselben Schutz suchten, erschlagen worden sind (so namentlich bei einem furchtbaren Nordostwindsgewitter am 21. Mai 1826 Nachmittags, zu derselben Zeit, als ein grofser Theil der Stadt Einbeck durch eine Feuersbrunst eingeäschert wurde).

Es geschieht nicht selten, dafs getrennte Gewitter von beschränkterem Umfange ziemlich nahe neben einander fortziehen. Unkundige, welche diese Erscheinung von fern auf sich zukommend beobachteten, pflegen dann zu erzählen, ein in der Ferne aufgestiegenes schweres Gewitter (dessen Gewölk ihnen durch den Blick gegen dessen Querschnitt von vermehrter Dunkelheit erscheinen mufste) habe sich glücklicherweise an einer gewissen Stelle getheilt, und jeder Theil sey darauf in abweichender Richtung fortgezogen. Ueberhaupt sind Erzählungen Unkundiger über wahrgenommene Naturerscheinungen wohl in keinem Theile der Naturkunde so unzuverlässig, als in der Meteorologie. Jene Aussage über eine Theilung der Gewitter beruht offenbar auf derselben optischen Täuschung, welche die scheinbare Convergenz der atmosphärischen Lichtsäulen, die unter dem Namen des Wasserziehens der Sonne bekannt sind, so wie die scheinbare Convergenz langer Alleen, langer gerader Strafsen etc., verursacht. Was jene Lichtsäulen betrifft, so ist ersichtlich, dafs ihre gröfste gegenseitige Entfernung scheinbar im Zenith des Beobachters, und dafs darüber hinaus wieder eine scheinbare Convergenz derselben stattfinden mufs. Ich habe dieses in auffallender Weise an einem Abend während meines Aufenthalts in Kissingen im Sommer 1841 zu beobachten Gelegenheit gehabt; die Lichtsäulen hatten eine solche Ausdehnung, dafs sie beinahe einen zweiten Convergenzpunkt am östlichen Himmel erreichten.

Die grofse Mehrzahl der Gewitter in der hiesigen Gegend sind Südwestwindsgewitter. Sehr häufig sind sie

die Folge von nur geringen Schwankungen der Windesrichtung. So z. B. schwankt dieselbe hier im Sommer häufig nur zwischen SW. und NW.; für nasse Sommer, wie wir deren seit 1837 leider nur zu viele, mit einziger Ausnahme des ganz anomalen Sommers von 1842, gehabt haben, ist diese Schwankung sogar recht eigentlich charakteristisch, und andere Windesrichtungen sind in solchen Sommern nur vorübergehend. Es regnet dann bei jeder Windänderung, sowohl beim Eintritt des feuchtwarmen SW., als bei dessen Verdrängung durch den rauhen NW. Mit diesen Windverhältnissen hängt es unfehlbar zusammen, dafs die Regen in nassen Sommern in der Richtung von Holland nach dem östlichen Deutschland abzunehmen pflegen; wenigstens habe ich unter solchen Umständen wiederholt aus brieflichen Mittheilungen erfahren, dafs das Wetter schon in Westphalen noch ungünstiger war als hier.

Bei den so eben bezeichneten Witterungsverhältnissen giebt zuweilen der Moorrauch zu einer eigenthümlichen Erscheinung Veranlassung. Wenn nämlich bei einem herrschenden rauhen und mit Rauch beladenen NW. plötzlich ein feuchtwarmer SW. mit hinreichender Macht in der Höhe eintrifft, so pflegt daselbst eine ansehnliche Wolken- und Gewitterbildung vor sich zu gehen, während an der Erdoberfläche noch der NW. mit feinem Rauche vorhanden ist; ich habe erlebt, dafs es heftig und anhaltend donnerte und regnete, ohne dafs von dem Gewittergewölk, wenn der Rauch sehr dicht war, etwas zu sehen war. Die Blitze sind unter solchen Umständen matt und bleich. Die nachfolgende Witterung hängt alsdann davon ab, welche Windrichtung das Uebergewicht erlangt und herrschend wird. Zuweilen, wenn nämlich bei herrschendem SW. der rauchbringende NW. plötzlich mit grofser Energie eintritt und den SW. rasch verdrängt, entsteht nur eine vorübergehende Bewölkung, ohne dafs ein Gewitter zur Ausbildung kommt. Aus

diesem Vorgange ist ohne Zweifel die früher sehr beliebte Meinung entsprungen, dafs der atmosphärische Rauch (Höhenrauch) aus der Zertheilung von in der Entwicklung begriffenen Gewittern entstehe [1]).

5) Feuchtigkeitszustand in der Höhe.

Die grofse Mehrzahl der atmosphärischen Processe erstreckt sich ohne Zweifel nur bis zu einer gewissen, relativ sehr mäfsigen Höhe in der Atmosphäre; über dieser Gränze befindet sich die Atmosphäre in Ruhe. Dieser obere Theil derselben mufs daher in seiner Zusammensetzung sehr constant seyn. Fragt man nun nach dem Feuchtigkeitszustande in der Höhe, so mufs man offenbar zwischen diesem oberen und dem darunter befindlichen Theile der Atmosphäre unterscheiden. Jener mufs nothwendig bei hoher Durchsichtigkeit mit gasförmigem Wasser gesättigt seyn, ohne eine Spur von Bläschen enthalten zu können, da selbst ein Wechsel zwischen Sommer- und Wintertemperatur dort ausgeschlos-

1) Kein aufmerksamer vorurtheilsfreier Beobachter kann im Zweifel darüber seyn, dafs die die Luft so oft erfüllenden Rauchmassen im nördlichen Deutschland in der Regel aus dem in den norddeutschen Haidgegenden den ganzen Sommer hindurch in grofser Ausdehnung betriebenen Haid- und Moorbrennen entspringen, welches so ungeheure Massen von Rauch liefert, dafs dieselben nicht selten, bei länger wehenden nördlichen Winden, bis an die Alpen fortgeführt werden. Es kommen jedoch auch Fälle vor, wo der atmosphärische Rauch daraus nicht hergeleitet werden kann. Der Moorrauch wird uns nämlich hier ohne Ausnahme nur durch nördliche, am entschiedensten durch nordwestliche Winde gebracht. Aber in dem unvergleichlichen Sommer von 1834 war die Luft eine Zeit lang bei constanter östlicher Windesrichtung durch mehr und minder dichten Rauch getrübt, welcher sich überdiefs von dem Moorrauch dadurch unterschied, dafs ihm der für diesen so charakteristische widerliche brenzliche Geruch fehlte. Die Ungewifsheit über die Entstehung dieses Rauchs wurde indefs bald gehoben, da die Zeitungen wiederholt Nachrichten über ausgedehnte Waldbrände im östlichen Preufsen, in Polen und Rufsland brachten.

sen ist. In dem unteren Theile der Atmosphäre dagegen ist die relative Feuchtigkeit ein Resultat der verschiedenartigsten Umstände, und kann daher kein allgemeines Gesetz befolgen. Steigt man z. B. bei herrschendem Ostwinde in die Höhe, so wird in gröfseren Höhen die Feuchtigkeit immer mehr abnehmen, da die Trockenheit des Polarstroms durch allmälige Erwärmung bei seinem Fortziehen noch zunehmen mufs, besonders in solchen Höhen, wohin die tägliche Zu- und Abnahme der terrestrischen Verdunstung nicht reicht. Bei herrschendem westlichen Winde scheint es sich umgekehrt verhalten zu müssen, wie es ja auch schon durch die Wolkenbildung angezeigt wird. Wehen aber verschiedene Winde über einander, so werden im Feuchtigkeitszustande der Luft in verschiedenen Höhen die gröfsten Wechsel stattfinden können. Auch übt offenbar die Tageszeit einen bedeutenden Einflufs darauf aus.

6) Zufällige Farbenerscheinungen auf dem Schnee etc.

Wenn die Felder mit einer reinen Schneedecke überzogen sind, so beobachtet man bei heiterem Himmel oft eine anziehende Farbenerscheinung. Die Schatten nämlich, welche kleine Erhöhungen, z. B. Maulwurfshaufen, hinter sich werfen, erscheinen dann, im Contrast gegen die übrige von dem gelben Licht der Wintersonne beleuchtete Schneefläche, blafs purpurroth; ohne Zweifel eine Folge der Beleuchtung dieser schattigen Stellen durch das bläulichweifse Himmelslicht, welches nach seiner Reflexion von denselben seiner gelben Strahlen beraubt erscheint. Sehr intensiv habe ich nahe dieselbe Färbung einmal im Sommer auf einem mit Graspflanzen besetzten trocknen Fufspfade beobachtet. Die Grasblättchen liefsen von der mir gegenüber schon tief stehenden Sonne ein lebhaftes gelbgrünes Licht durch, gegen welches die von den Pflanzen beschatteten und von dem bläulichweifsen Lichte des Himmels beleuchteten Stellen des an sich

hellfarbigen Pfades meinem Auge tief purpurroth erschienen.

Auf einen ganz eigenthümlichen Zustand der Atmosphäre deutend war eine Farbenerscheinung, welche ich an einem Nachmittage im Julius 1843 an der blafsgelben Aufsenwand meines Wohnhauses beobachtete. Es erschienen nämlich mir und einigen anwesenden Freunden die auf die Hauswand fallenden Schatten der Sprossen mehrer gerade offen stehender Fenster intensiv blau, die beleuchteten Stellen der Wand dagegen weifslichgelb gefärbt; die rothen Strahlen waren also fast ausgelöscht. Der Himmel war schwach verschleiert. Ich habe diese Erscheinung nie früher und auch nachher nicht wieder wahrgenommen.

7) Schneefall im April 1837.

Es sey mir schliefslich erlaubt, die Aufmerksamkeit der Meteorologen auf den höchst anomalen Schneefall im April 1837 hinzulenken, vielleicht die gröfste meteorologische Anomalie, welche jemals an mir vorübergegangen ist. Derselbe dauerte vom 5. Abends 5 Uhr bis zu ungefähr derselben Stunde des 9. ohne die geringste Unterbrechung fort; die Luft war dabei fortwährend von Schneeflocken dicht erfüllt, und es herrschte eine nicht unbedeutende Frostkälte. Die Folge davon war eine in der That beispiellose Anhäufung von Schnee. So lange ich auf Naturbegebenheiten geachtet habe, habe ich, selbst in den strengsten Wintern, keine Schneeanhäufung wahrgenommen, welche dieser nur entfernt zu vergleichen wäre. Ueberall war die Communication unterbrochen, und konnte erst durch die angestrengte Arbeit der zahlreichen, aus allen Orten aufgebotenen Mannschaften nothdürftig wieder hergestellt werden. Bei dem Flecken Nörten mufsten eines Abends auf der offenen Strafse die Pferde vom Eilwagen abgespannt werden, weil kein Fortkommen möglich war; die Reisenden haben zum

Theil die Nacht im eingeschneiten Wagen zugebracht. Innerhalb der Orte, z. B. in Göttingen, konnte nur mit grofser Mühe in der Mitte der Strafsen eine Bahn hergestellt werden, welche dann von hohen Schneewänden begränzt war. Eben so ist, wie ich von Augenzeugen weifs, die ganze Strafse nach Hamburg beschaffen gewesen. Cassel war mehre Tage lang von fast allen benachbarten Braunkohlenwerken abgeschnitten. Man war gezwungen den Schnee von den Höfen und engeren Theilen der Orte auf Schlitten hinauszuschaffen, um Raum zu bekommen und spätere Belästigung durch Wasser zu verhüten. Im freien Felde war die Schneedecke $2\frac{1}{2}$ bis 3 Fufs hoch. Glücklicherweise trat ein allmäliges Aufthauen derselben ein, wodurch Ueberschwemmungen, welche äufserst verderblich hätten werden können, verhütet wurden. Doch war die Nachwirkung des ungeheuren Schneefalls, da derselbe zu einer Zeit eintrat, wo die Vegetation bereits begonnen hatte, in landwirthschaftlicher Beziehung äufserst nachtheilig; der Boden wurde mit Wasser übersättigt. Auch sind die Verheerungen in den Harzwäldern von der gröfsten Ausdehnung und Bedeutung gewesen.

Den damaligen Zeitungsnachrichten zufolge scheint das merkwürdige Ereignifs im nordwestlichen Deutschland seine gröfste Entwicklung erlangt zu haben, doch mufs auch im südwestlichen Deutschland der Schneefall noch sehr aufserordentlich gewesen seyn. Nach Osten hat, allen Nachrichten zufolge, eine allmälige Abnahme desselben stattgefunden, und er scheint z. B. in Berlin nicht mehr so ungewöhnlich gewesen zu seyn.

Was nun dieses Ereignifs noch besonders interessant macht, sind die meteorologischen Umstände, welche während desselben stattfanden. Zuerst war es höchst auffallend, dafs während der ganzen Dauer des Schneefalls ein fast constanter lebhafter Nordostwind herrschte; Niederschläge bei östlichen Winden pflegen sonst be-

kanntlich sehr vorübergehend zu seyn. Noch erhöht wurde das Auffallende dadurch, dafs bei diesem Nordostwinde der Barometerstand sich fortwährend auf kaum mittlerer Höhe hielt. Hierin aber liegt, wie mir scheint, der Schlüssel zur Erklärung der seltsamen Erscheinung. Es geht nämlich daraus unwidersprechlich hervor, dafs der Nordostwind nur an der Erdoberfläche geherrscht haben kann, dafs dagegen in der Höhe ein mächtiger Südwestwind geweht haben mufs. Die ganze Erscheinung war demnach die Folge eines ungewöhnlich ausgebreiteten gewaltigen Kampfes zwischen dem eisigen Polarstrome und dem feuchtwarmen Aequatorialstrome. Ich zweifle nicht, dafs eine ausführliche monographische Bearbeitung dieses Gegenstandes (wozu mir das Material fehlt) zu interessanten Ergebnissen führen würde.

III. *Muthmafsliche Bodensenkung in der Algierei.*

Nach Hrn. Virlet d'Aoust soll der See oder Sumpf Melghigh, der durch den Djeddi die Wasser von Sidi Okbah aufnimmt, bedeutend unter dem Meeresspiegel liegen. Er schliefst diefs aus der Höhe von Sidi Okbah, die 61,3 Meter gefunden worden, und der Länge des Djeddi, die etwa 23 Myriameter beträgt. Indem er für diesen so nahe am Atlas liegenden Flufs nur ein Gefälle von 0,0005 annimmt (ein Gefälle, welches dem der Rhone zwischen Lyon und Arles gleichkommt, da dieses nach E. de Beaumont 0,000553 beträgt) findet er für die negative Höhe des Melghigh 53,7 Meter. (*Compt. rend.*, *T. XXI*, *p.* 51.)

IV. *Blitze ohne Donner, am* 22. *Juni* 1845 *in Wien; von W. Haidinger.*

Der 22. Juni war als ein schwüler ruhiger Tag vorübergegangen, mit schwachem Winde aus ONO. durch O., SO. und S., und gröfstentheils gänzlicher Windstille. Der Himmel war mit Wolken überzogen gewesen, schichtenweise gelagert, grau, doch gröfstentheils dünn, so dafs die Sonne öfters durch den mehr wie nebligen Himmel hindurchblickte. Um 8½ Uhr entstand ein rasches Wetterleuchten, das sich bald über den ganzen nordwestlichen Horizont verbreitete, von Westen noch ein wenig südlich beginnend. Es war aber nicht auf diese anfängliche Stellung beschränkt, wo man es so häufig zu sehen gewohnt ist, sondern es stieg schnell an der westlichen Seite gegen das Zenith empor, und senkte sich dann wieder gegen Osten hinab, während nach und nach die ganze nordwestliche Hälfte des Himmels davon eingenommen wurde. Blitz folgte auf Blitz an allen Orten. Deutlich geschah die häufigste Entladung im Westen zwischen einer starken cumulusartigen, unter etwa 40° Elevation abgerundeten Wolke, und einer höher liegenden Wolkenschicht. Dabei erfolgte die Mehrzahl der Blitze augenscheinlich in der Richtung von der unteren gegen diese obere Wolkenschicht. Da die obere Schicht einen gröfseren Raum einnahm, so sah man die Blitze von den Rändern der unteren Wolke divergiren. Sie hatten die gewöhnliche unregelmäfsige Zickzackgestalt, zum Theil waren sie gekrümmt, scheinbar durch sich selbst in Knoten zurückkehrend, vielleicht also etwa schraubenförmig, andere wieder von einem einzigen Funken im Fortgange deutlich in zwei getheilt, gegabelt, aber die meisten auffallend langsam, so dafs man die Richtung und Aufein-

anderfolge der Lichtentwicklung unbezweifelt wahrnehmen konnte [1]). Auch geschahen die so häufigen Entladungen hinter der Bedeckung der Wolken, die nur eine unbestimmte lichtere Stelle hervorbringen, ohne eine weiter ausgedehnte Blitzspur zu zeigen, also Funken, die so ziemlich senkrecht zwischen den zwei Schichten gingen.

Bei allem diesen Austausch von Elektricität, bei diesem wechselnden Meer von Licht, bei diesen zahllosen Blitzen, die den Himmel durchfurchten, war gänzlich lautlose Stille; ein einziges Mal schien mir ein schwaches Rollen des Donners hörbar, andere Beobachter haben höchstens drei Mal dasselbe bemerkt. Blitze im Zenith ohne Donner! Die Erscheinung hatte etwas Wunderbares, Erhebendes an sich. Dabei kein Tropfen Regen, aber gegen 10 Uhr erhob sich ein bedeutender Sturm in der Richtung des Gewitters von WSW. gegen ONO., der bald an Stärke noch zunehmend von NW. kam, und dann noch die ganze Nacht mit wechselnder Stärke anhielt, und die Staubwolken hoch emporwirbelte.

An demselben Abend war nordwestlich von Wien ein starkes Gewitter mit Regen und Hagel niedergegangen, der letztere hatte in Klosterneuburg unter andern an dem Glashause des Stiftes manchen Schaden angerichtet.

Der 23. war des Morgens trübe, aber gegen Abend war völlig heiterer Himmel bei bedeutend herabgesetzter Temperatur, später zeigten sich wieder Wolken.

Ich hatte das Vorhergehende als Notiz aufgezeichnet, und zwar zu meiner eigenen Erinnerung, wegen des grofsartigen Eindruckes des Ganzen, und erläutert und

1) Diese Langsamkeit, wenigstens scheinbar, verdient grofse Aufmerksamkeit bei einer Erscheinung, die im Ganzen, nach Wheastone's Versuchen, mit den durch Blitz erleuchteten Speichen eines Rades noch nicht gleich ist $\frac{1}{1000}$ einer Zeitsecunde. Aber auch Howard hat anscheinend langsame Blitze beobachtet. (Arago, *Annuaire du bureau des longitudes*, 1838, *p.* 279 *et* 250.)

bestätigt durch die Mittheilungen meiner Freunde, des k. k. General Landes- und Hauptmünzprobierers Hrn. A. **Löwe**, und des Stadtphysikus von Ellbogen A. **Glückselig**, der eben in Wien anwesend war, welche unter freiem Himmel ausgedehntere Beobachtungen zu machen Gelegenheit hatten, als mir die beschränkte Aussicht aus meiner Wohnung gestattete, und ich hoffte nun bald ein Mehreres in den Zeitungen zu lesen. Diese Erwartung wurde getäuscht; die Bestätigung des Ungewöhnlichen der Erscheinung durch viele Personen vermehrte dagegen die Lebhaftigkeit des Wunsches, die Thatsache selbst in den Annalen der Meteorologie aufgezeichnet und für künftige Vergleichungen bewahrt zu sehen. Seitdem erst habe ich Gelegenheit gefunden **Arago**'s schöne Abhandlung »Ueber den Donner« [1]) zu lesen, die auch der oben erwähnten Erscheinung Aehnliches bewahrt, so wie einige Mittheilungen der neueren periodischen Literatur.

Jedermann kennt das sogenannte *Wetterleuchten*, blitzartiges Aufleuchten der Wolken nach schwülen Sommertagen ohne Donner, das in unbedeutender Erhöhung am Horizont wie ein entferntes Gewitter erscheint. Seltener sind wirkliche Blitze ohne Donner, wenigstens in unseren europäischen Ländern, beobachtet worden. **Arago** giebt sie als häufig an aus den Antillen, Rio Janeiro in Brasilien, Patna in Ostindien, aber nur eine Beobachtung vom 1. August 1791, von dem jüngeren **Deluc**, welche sich auf eine ganz ähnliche Erscheinung bezieht, wie die vom 22. Juni 1845 in Wien. Nach Sonnenuntergang war der Himmel westlich von Genf über dem Jura mit Wolken bedeckt. Glänzende Blitze fuhren durch die Wolken, und doch hörte man keinen Donner. Die Wolken erhoben sich vom Jura bis auf das Zenith von Genf. »Noch immer gab es so lebhafte Blitze, dafs man glaubte der begleitende Donner müsse das Gehirn erschüttern, und doch hörte man beinahe kein Geräusch.

1) *Annuaire du bureau des longitudes pour l'an* 1838.

Ein einziger Donnerschlag war allerdings ungeheuer stark und von einem kurzen Gufsregen begleitet, aber dann blitzte es immerfort, und ich hörte kein Geräusch mehr.«

Dr. (später Freiherr v.) Reichenbach erwähnte der Blitze ohne Donner in Baumgartner's Zeitschrift für Physik, Bd. X, S. 74, desgleichen in Poggendorff's Annalen, Bd. 43, S. 531; auch Medicinalrath Dr. Ayrer in Harburg giebt daselbst, Bd. 48, S. 375, Nachricht von einer einzelnen hellen, hoch aufgethürmten Haufwolke, die während der in langen Zwischenräumen sich entwikkelnden Zickzack-Blitzen, langsam von Westen gegen Nordwest fortziehend, sich immer verkleinerte, bis die Entladungen aufhörten. In der ersten von Reichenbach's Beobachtungen hatte nur ein Aufleuchten zwischen den Wolken in dem Thale, in welchem er sich befand, stattgefunden; in der zweiten (Ende Juni 1837) sah er den Zickzack des wirklichen Blitzes, etwa 70° von Süd nach Nord am Himmelsbogen durchfahrend, ohne einen Donner zu hören, zu seiner grofsen Ueberraschung, und der des Altgrafen und der Gräfin zu Salm, auf deren Schlofsterrasse sie sich eben befanden [1]).

Ueber das Meteor vom 22. Juni füge ich hier noch einige Mittheilungen bei, welche ich bisher zu sammeln Gelegenheit fand.

Die Wiener Zeitung enthält an meteorologischen Daten von der k. k. Sternwarte in Wien für die drei Tage, den 21., 22. und 23. Juni, Folgendes:

1) Auch Bravais hat ein solches Gewitter in der Nacht vom 24. auf den 25. Juni 1844 Morgens 2^h 40′ zu Lyon erlebt, worüber er in den *Compt. rend.* (1844), *T. XIX*, *p.* 240, Nachricht giebt. Das Gewitter ging von SW. nach NO., begleitet von merkwürdig heftigem SW.-Sturm, nufsgrofsen Schlofsen und äufserst starkem Platzregen; es fielen 16 Millimeter Wasser in der Nacht. Sehr diffuse und stark leuchtende Blitze folgten ohne Unterbrechung auf einander, schlugen an drei Stellen in der Stadt ein, aber von einem Donner war nichts zu hören. *P.*

Zeit der Beobachtung.		Barometer auf 0° reducirt.		Thermometer R.	Maximum | Minimum der Temperatur bis 8 Uhr des folgenden Tages.		Wind.	Witterung.
Tag.	Stunde.	Par. Maafs.	Wiener Maafs.		Maximum	Minimum		
21.	8 U. M.	27' 523"	28" 3''' 5IV	+19,8			W. still	heiter
-	2 U. N.	27' 528"	28" 3''' 6IV	+21,3	+23,8	+15,1	NW. still	Sonnenschein und Wolken
-	10 U. A.	27' 534"	28" 3''' 7IV	+17,5			NO. still	Wolken
22.	8 U. M.	27' 438"	28" 2''' 7IV	+18,4			ONO. still	Sonnenschein und Wolken
-	2 U. N.	27' 352"	28" 1''' 4IV	+21,6	+23,1	+13,8	S. still	trübe
-	10 U. A.	27' 223"	27" 11''' 8IV	+17,9			NW Sturm	Gewitter
23.	8 U. M.	27' 329"	28" 1''' 0IV	+13,8			NNW. stark	trübe
-	2 U. N.	27' 415"	28" 2''' 1IV	+13,6	+14,2	+ 9,0	NNW. stark	Wolken
-	10 U. A.	27' 481"	28" 2''' 11IV	+11,4			NW. stark	Wolken

Ein höchst günstiger Umstand für die genaue Beobachtung der Barometerhöhen war die Aufstellung des von Hrn. L. J. Kappeller [1]), nach Kreil's Angabe ausgeführten Barometrographen auf der diefsjährigen Gewerbsproducten-Ausstellung. Ich füge hier die von dem Apparate beschriebene Curve in einer Zeichnung bei, die ich Hrn. Kappeller verdanke. (S. Fig. 10 Taf. I) [2]). Aeufserst merkwürdig ist das plötzlich eintretende starke Steigen zwischen 9 und 10 Uhr am Anfange des Sturmes.

Ein ähnliches Resultat würde die angestrengteste Aufmerksamkeit im Beobachten erfordern, da der entscheidende Moment gewöhnlich nicht vorausgesehen werden kann, und in den festgesetzten Beobachtungsperioden oft schon alles ausgeglichen ist. So wie es hier steht, kann es nur den Wunsch erregen, dergleichen Apparate recht allgemein in Anwendung zu sehen.

Hr. Hofrath M. Layer beobachtete, auf einer Fahrt von Stockerau gegen Westen nach dem gräflichen Breunner'schen Schlosse von Neu-Aigen an der Donau, deutlich zwei gesonderte Gewitter, von denen eines von NW., das andere von SW. heranrückte, ersteres also am Südabhang der böhmisch-österreichischen Gebirgshöhe, letzteres am Nordabhange der Alpen. Ein rascher Gufsregen begleitete dort um 9 Uhr die elektrische Ausgleichung mit Donner und Blitz, während westlich bei Krems, so wie östlich bei Klosterneuburg, sich Hagel gebildet hatte.

Hr. Prof. Redtenbacher beobachtete in Prag am 21. Juni um 10 Uhr Abends, also am Tage vor der Beobachtung des Phänomens in Wien, ein starkes Wetterleuchten in nordöstlicher Richtung, etwa von Prag in

1) Mechaniker in Wien, Gumpendorf-Hauptstrafse No. 396, dessen ausgezeichnete Leistungen durch Zuerkennung der goldenen Medaille bei dieser Ausstellung eine würdige Anerkennung fanden.

2) Wo sie in Richtung der Abscissen etwas verkürzt gegen das Original gegeben ist. — Die mit * bezeichneten Stunden sind diejenigen, zu welchen gleichzeitig auf der k. k. Sternwarte beobachtet wurde.

der Richtung von Jungbunzlau, wenn auch nicht im Zenith, doch in der schon ungewöhnlichen Elevation von etwa 45°. Die Blitze gingen von einer einzelnen schwebenden grofsen Haufwolke aus, die nicht bis zum Horizonte herabreichte.

Hr. Kustos P. Partsch war am 22. in Bamberg. Nach einem heiteren Tag bildete sich Abends ein Gewitter aus, das zwischen 7 und 9 Uhr in reichlichen Regengüssen sich ausglich, doch ohne Blitz oder Donner.

Hr. Prof. Gintl theilte folgende sehr vollständige Reihe, in Grätz angestellter meteorologischer Beobachtungen der zwei Tage, des 22. und 23. Juni, mit, aus denen, mit den gleichzeitigen Beobachtungen in Wien verglichen, manche merkwürdige Contraste erscheinen.

Tag.	Stunde.	Luftdruck in Par. Zollen auf 0 reducirt.	Dunstdruck in Par. Linien.	Temperatur d. Luft nach R.	Luftfeuchtigkeit in Wiener Granen.	Windesrichtung u. Stärke.	Wolkenzug.	Beschaffenheit und Vertheilung der Wolken.	Grad der Heiterkeit.	Luftelektricität.	Witterungsbemerkungen.
22.	7 U. Fr.	26,903	7''',07	17°,6	6,58	O_1.	W.	fast ganz heiter am W. Horizont fedr. Schichtw.	0,5	keine	Sonne scheint heiter
-	8 U. -	,891	7 ,34	18 ,1	6,85	NO_1	W.	im Zenith und auch tiefer feine Federwolken	0,5	-	dito
-	9 U. -	,875	7 ,57	18 ,5	7,15	O_1.	W.	Zenith u. tiefer Federwolk. Horizont fedr. Schichtw.	1	-	vermischt
-	10 U. -	,864	7 ,56	18 ,8	7,23	O_1.	W.	W. Federw., O. heiter, am Horizont fedr. Schichtw.	2	-	dito
-	12 U. M.	,843	8 ,08	20 ,0	7,86	SW_1.	W.	mit Hauf- u. Schichtwolk. überzogen	4	+ E. sehr schwach	bedeckt, keine Sonne
-	2 U. N.	,811	8 ,38	20 ,4	8,18	SW_1.	W.	dito	4		dito
-	3 U. -	,781	8 ,28	21 ,0	8,55	SW_1.	W.	im W. heiter, im O. Schicht- u. geschichtete Haufwolk.	3		vermischt
-	4 U. -	,750	8 ,16	21 ,1	9,06	SW_1.	W.	Zenith heiter, W. Haufw., S. Nebelschleier	2		Wolken und Sonne
-	5 U. -	,733	8 ,33	21 ,3	8,39	S_2.	W.	dito	1	keine	Sonne scheint, heiter
-	6 U. -	,721	7 ,28	19 ,7	7,23	S_2.	W.	dito	1		dito
-	9 U. A.	,721	5 ,47	17 ,4	5,71	S_2.	W.	im SW., W. u. NW., am Horizonte heiter, Zenith und tiefer fedr. Schichtw.	3		trübe

Tag.	Stunde.	Luftdruck in Par. Zollen auf 0 reducirt.	Dunstdruck in Par. Linien.	Temperatur d. Luft nach R.	Luftfeuchtigkeit in Wiener Granen.	Windesrichtung u. Stärke.	Wolkenzug.	Beschaffenheit und Vertheilung der Wolken.	Grad der Heiterkeit.	Luftelektricität.	Witterungsbemerkungen.
23.	7 U. Fr.	26,770	5''',86	15°,7	5,40	N_1.	W.	Zenith u. tiefer am Horizont geschichtete Haufw.	3	+E. schw. Spur	Wolken und Sonnenblicke
-	8 U. -	,774	5 ,87	16 ,7	5,53	NO_2.	W.	dito in SO. u. NO. Schichtwolken	2		Wolken und Sonnenschein
-	9 U. -	,773	5 ,69	17 ,0	5,43	SW_2.	W.	Zenith heiter, ebenso N. u. NO., übrigens geschicht. Haufwolken	2		dito
-	10 U. -	,776	5 ,70	18 ,0	5,54	W_2.	W.	Zenith Federwolk., tiefer Haufwolk., Horiz. gesch. Haufwolken	3		Sonnenblicke
-	12 U. M.	,776	5 ,75	18 ,6	5,78	SW_2.	W.	dito	3	keine	keine Sonne
-	2 U. N.	,767	5 ,81	18 ,7	5,85	S_2.	SO.	im W. und NW. Gewitter, W. aufsteigend und sich vertheilend	3		Sonnenblicke zwischen 2 und 3 Uhr
-	3 U. -	,824	5 ,63	13 ,5	5,02	NO_2.	SO.	mit Gewitterwolken überzogen	4	— E. sehr stark	starkes Gewitter mit mehrmaliger Entladung
-	5 U. -	,859	5 ,24	12 ,8	4,64	ONO_1.	ONO.	dito	4	dito	keine Sonne, bedeckt
-	9 U. A.	,966	3 ,92	10 ,6	3,18	O_0.		dito	4		dito

Das elektrische Gleichgewicht war schon mehrere Tage vorher gestört. Am 19. waren früh und Abends Gewitter, mit Einschlagen und Zünden des Blitzes, in Seekirchen und der Umgegend in Salzburg, am 20. Nachmittags 5 Uhr war ein Gewitter mit Wolkenbruch zu Hudlitz, im Rakonitzer Kreise in Böhmen (Wiener Zeitung 178 und 179). Am 21. Abends beobachtete Redtenbacher das Wetterleuchten in nordwestlicher Richtung von Prag, gegen das Riesengebirge zu. In Wien stieg das Barometer noch fortwährend.

Am 22. fiel das Barometer in Wien und Grätz, am Nordrande der Alpen geschah die Ausgleichung elektrischer Spannung durch ein gewöhnliches Gewitter mit Blitz, Donner und Regen, nebst Hagel in den tieferen Schichten der Atmosphäre; östlich überflog das seltene Phänomen des *Wetterleuchtens im Zenith*, ein ungemein hoch ziehendes Gewitter, den Raum.

Der 23., bedeutend abgekühlt, war in Wien in den Nachmittagsstunden über den gröfsten Theil des Himmels heiter, während die Südseite der norischen Alpen in einem starken Gewitter, in Grätz beobachtet, ihre Ausgleichung hatte.

Am 22. hatte ein Gewitter in Rheinhausen stattgefunden. Der Blitz schlug in den Mast eines Eisenbahnschwellen ladenden Schiffes und zersplitterte ihn. (Wien. Zeit. 187.)

Bei Geyersberg in Böhmen, an der mährisch-schlesischen Gränze, richtete ein Orkan und Wolkenbruch um 11 Uhr Nachts furchtbare Verheerungen an. (Wien. Zeit. 187.)

Ein Orkan, Wirbelwind oder Windhose verheerte die Umgegend von Straubing an der Donau, Abends um 6 Uhr, in Zeit von einer halben Stunde, mit Südwestwind. Ununterbrochener Blitz und Donner, und ungewöhnliches Sausen begleiteten das Gewitter, zugleich regnete und hagelte es. (Oestr. Beob., No. 184. Hier wird

auch des heftigen Sturmes in Wien gedacht, dem ununterbrochene Blitze in der Richtung von Westen nach Norden vorangegangen waren.)

An diesem Tage wurde die Umgegend von Gleiwitz in Oberschlesien von einem furchtbaren Gewittersturm verwüstet. Er dauerte nur eine Viertelstunde. Die Spuren beginnen bei Kieferstädtel, und nehmen in fast östlicher Richtung bis über die polnische Gränze immerfort an Breite zu. (Allgem. Zeit. vom 7. Juli 1845, No. 188.)

Vielleicht dasselbe Gewitter hatte Hr. Prof. Gloifsner von Lemberg, zwischen zwei und drei Uhr in der Nacht, als Eilwagen-Passagier in der Gegend von Tarnow in Galizien, in östlicher Richtung etwa 25 Meilen von Gleiwitz entfernt, auf freiem Felde ausgehalten. Man hatte bereits von 9 Uhr an das entfernte Wetterleuchten am Horizonte bemerkt, aber erst später war das Gewitter ausgebrochen.

Die Beobachtungen über jenes Gewitter sind viel zu wenig ausgedehnt, und die Daten zu sehr vereinzelt, als dafs ich versuchen sollte eine Beurtheilung des Verlaufes zu wagen. War die Höhe der Schicht, zwischen deren oberer und unterer Fläche die elektrische Spannung in bedeutend dünnerer Luft sich ausglich, zu grofs, als dafs man den Donner gehört hätte? Wie hing die Erscheinung in Wien mit den Gewitterstürmen zusammen, die von Straubing bis Tarnow nördlich von Westen gegen Osten wahrgenommen wurden, und bildeten diese selbst ein Continuum?

Gerne würde ich Mittheilungen über diese Erscheinung, die mir aus Gegenden zukommen sollten, wo sie beobachtet worden ist, aufsammeln und sie zu einer anderen Zeit zusammenstellen. Dabei glaube ich die Bemerkung machen zu müssen, dafs unsere Gegend sehr für ein Studium der Gewitter geeignet erscheint, indem man häufig ihre Bildung an der Kette des Kahlengebirges zu beobachten Gelegenheit findet, und sie gewöhn-

lich in der Richtung des Hauptgebirgszuges, von den Alpen gegen die Karpathen zu, d. i. von Südwest nach Nordost, ziehen, aber gerade jenseits des Leopoldsberges, sich von den Bergen losreifsend, über die flachen Gegenden nördlich von der Donau dahin strömen, bis sie wieder an die höheren Züge der kleinen Karpathen östlich sich anschliefsen, wenn sie nicht etwa mehr, besonders die nördlicheren, von den westlichen Ketten des Mannhards u. s. w. angezogen werden, und diese Richtung dann weiter gegen Osten verfolgen. Gewifs würde eine Reihe zusammenhängender Beobachtungen viel dazu beitragen, über manche, noch keineswegs aufgeklärte Punkte der Meteorologie Aufschlufs zu geben, von denen insbesondere die fast alljährlich, oft in einem Jahre mehrmals, wiederholten furchtbaren Hagelschläge uns ungemein nahe liegen. Sie wären wohl die von Arago vorgeschlagenen Versuche werth, um den Gewitterstürmen vor ihrem Ausbruche ihre elektrische Spannung zu entziehen.

Von den Störungen in der Atmosphäre in jener Periode bringt das *Journal de Constantinople* vom 11. Juli ein merkwürdiges Beispiel von Erzerum. Es trat nämlich daselbst am 21. Juni ein wahres Winterwetter ein. Von einem Durchschnitt von 19° und 20° R. fiel das Thermometer plötzlich auf 5°, und gegen Abend selbst auf 3°, wobei es heftig zu schneien anfing. Unter starken abwechselnden Winden hielt der Schneefall bis zum 23. um 10 Uhr Morgens an, aber erst am 24. stieg das Thermometer wieder bis auf 12°. (Wien illustr. Theaterzeitung vom 29. Juli, No. 180.)

Steht diese Erscheinung mit der oben beschriebenen in irgend einem Zusammenhange? Jedenfalls ist ihre Gleichzeitigkeit nicht ohne Interesse.

Ich schliefse die Bemerkungen über das Gewitter vom 22. Juni durch die interessante Mittheilung, welche ich meinem verehrten Freunde, Hrn. Prof. A. Schröt-

ter, verdanke. Sie ist zu ausführlich, und enthält zu viele einzelne wichtige Daten, als dafs ich nicht hätte wünschen sollen sie im Ganzen wiederzugeben, indem sie eine vollkommene, ja noch ausgedehntere Bestätigung dessen enthält, was ich, etwa eine Meile in nordöstlicher Richtung entfernt, zu sehen Gelegenheit hatte.

»Deinem Wunsche gemäfs will ich Dir die Bemerkungen mittheilen, welche ich während des denkwürdigen Gewitters vom 22. Juni zu machen Gelegenheit fand. Ich befand mich zufällig in einer für die Beobachtung ganz günstigen Lage, nämlich bei Penzing, Südwest von Wien, im Freien auf einer erhöhten Stelle, so dafs ich den ganzen Horizont übersehen konnte.«

»Anfangs hatten sich über der Gebirgskette, die sich vom Kahlenberg nach Süden zieht, dichte Wolken gelagert, welche die Sonne, noch ehe sie ganz untergegangen war, verbargen, und zu einer jener herrlichen Abendbeleuchtungen Veranlassung gaben, die wir bei uns so oft zu bewundern Gelegenheit haben. Es waren deutlich zwei dichtere Wolkenmassen zu unterscheiden, von welchen die eine über dem Gallizinberg, die andere über der Brühl stand. Diese zwei Wolkenkerne waren offenbar die Sitze zweier abgesonderter Gewitter, die sich schon vor Sonnenuntergang in vollem Ausbruche befanden, indem sie abwechselnd, aber fast ununterbrochen, von Blitzen erleuchtet wurden. Mit zunehmender Dunkelheit gewann das Schauspiel an Grofsartigkeit, indem nach und nach, bei völlig ruhiger Luft, der ganze Theil des Horizontes, der sich zwischen den beiden Heerden des Gewitters befand, immerwährend von Blitzen durchzuckt ward. Gegen 9 Uhr war ein gegen 40° am Horizont betragendes Bogenstück ununterbrochen erleuchtet, und einzelne Blitzstrahlen fingen an ihre Richtung gegen das Zenith zu nehmen, und die bisher öfter sich wiederholenden, von allen möglichen Richtungen kommenden Windstöfse hörten gänzlich auf, indem eine vollständige

Windstille eintrat. Mittlerweile hatte sich der ganze Himmel mit dichten Wolken bedeckt, es war Nacht geworden, die immer häufiger werdenden Blitze erreichten das Zenith, und es erhob sich ein Sturm, der heftig genug war, um Bäume auszureifsen und anderweitigen Schaden anzurichten.«

»Der in der nahen und nächsten Umgebung Wiens in so reichlicher Menge vorhandene Staub, wurde dermafsen aufgeregt, dafs die ganze Atmosphäre davon erfüllt war. Der Sturm hatte übrigens auch jetzt noch keine bestimmte Richtung, und bestand mehr aus einzelnen Windstöfsen, die sich sehr schnell folgten, und bald aus dieser, bald aus jener Weltgegend kamen; später jedoch waltete die Richtung von West nach Ost vor, und nach dem Gewitter war sie die ausschliefsliche. Die mächtigsten Blitzstrahlen folgten sich mittlerweile so rasch und in jeder Richtung, dafs dadurch die finstere Nacht mit einem bläulichen Lichte auf eine höchst eigenthümliche Art erhellt wurde. Die hoch in die Luft erhobenen Staubmassen gaben dem Himmel ein fahles Aussehen, und liefsen die Atmosphäre schwer und undurchsichtig erscheinen, die Beleuchtung durch die Blitze war aber oft so stark und dauernd, dafs man die kleinste Schrift deutlich erkennen konnte. Gegen 10½ Uhr hatte das seltsame Gewitter in allen seinen Erscheinungen die höchste Intensität erreicht, und war nun wirklich grofsartig geworden. Ich sah zu gleicher Zeit fünf bis sechs Blitzstrahlen am Himmel, von welchen einige vom Zenith bis zum Horizonte reichten, andere sich in zwei oder drei Strahlen spalteten, und noch andere aus dem Zenith senkrecht herabzuschiefsen schienen, dazwischen fand aber an vielen Stellen noch immer starkes Wetterleuchten statt, indem einzelne Wolkenparthien fast ohne Unterbrechung von rothem Lichte durchzuckt wurden. Was aber das ganze Schauspiel zu dem grofsartigsten und erhebendsten machte, das ich jemals sah, war, dafs alle

diese unzähligen Entladungen, die in einem so ungeheuren Raume vor sich gingen, von gar keinem Donner begleitet waren, denn nur drei Mal konnte ich ein sehr schwaches und wenige Secunden dauerndes, sehr fernes Rollen des Donners wahrnehmen, so dafs, aufser dem Heulen des Sturmes und dem Krachen der Bäume, kein anderes Geräusch sich hören liefs. Obwohl nun das wirklich vorhandene Getöse so stark war, dafs es leicht manchen schwächeren Donner übertäubt haben mag, so schien es doch für den Beobachter nicht vorhanden zu seyn, indem hier eine merkwürdige Täuschung stattfand. Jedermann erwartete nämlich unwillkührlich, nach den so überaus heftigen elektrischen Entladungen, einen so betäubenden *Donner*, dafs dagegen das wirklich vorhandene Getöse hätte verschwinden müssen; da nun dieser ausblieb, so war der unerwartete Contrast so stark, dafs jedes anderweitige Geräusch für den Beobachter gleichsam nicht vorhanden war. Die Grofsartigkeit der Erscheinung und das Fremdartige derselben gewannen aber eben durch diesen Contrast ungemein, da es den Anschein hatte, als ob alle diese mächtigen elektrischen Entladungen bei gänzlicher Stille stattfänden.«

»Indem ich Dich bitte diese Zeilen nur als ein flüchtiges Bild des Eindrucks zu betrachten, welchen das so überaus merkwürdige donnerlose Gewitter vom 22. Juni auf mich machte, kann ich mich nur mit Dir in dem lebhaften Wunsche vereinigen, dafs recht bald andere gründlichere Beobachtungen über dasselbe zur Kenntnifs des Publicums kommen möchten, um über den Gang dieses meteorologischen Phänomens etwas Näheres zu erfahren.«

A. Schrötter.

V. *Ueber die Blitzschläge, welche am* 10. *Juli* 1843 *den Strafsburger Münster trafen; von Hrn. A. Fargeaud,*

Professor der Physik an der Facultät der Wissensch. zu Strafsburg.

(*Compt. rend.*, *T. XVII*, *p.* 254.)

Kaum war Franklin's Entdeckung in Europa bekannt, als man auch schon in Strafsburg auf den Gedanken kam, den Münster mit einem Blitzableiter zu versehen; allein erst i. J. 1780 legte der Kriegscommissär Barbier de Tinan dem Magistrat der Stadt einen förmlichen Entwurf dazu vor. Sein Project, von Franklin selber geprüft, wurde in allem Detail von der Academie der Wissenschaften gebilligt; indefs kam es nicht zur Ausführung, weil man, wie uns der gelehrte Hermann berichtet, die grofsen Kosten scheute.

Sieben und vierzig Jahre später richtete der Prof. Meunier von Neuem die Aufmerksamkeit der Behörde und der gebildeten Männer Strafsburgs auf den Gegenstand. In seiner Abhandlung erinnerte er daran, wie Hr. Gay-Lussac, als er den Münster bestiegen, den Wunsch ausgesprochen habe, dieses Bauwerk doch endlich durch einen zweckmäfsig eingerichteten Leiter gegen die Angriffe des Blitzes geschützt zu sehen. Eine unbegreifliche Opposition verhinderte die Errichtung eines Blitzableiters auf dem Saal des Schauspielhauses: die Aufforderung von Meunier hatte keinen Erfolg.

Das war der Stand der Sache, als am 14. Aug. 1833 gegen 4 Uhr Abends eins der heftigsten Gewitter sich über der Stadt entlud. In einer Viertelstunde wurde der Thurm drei Mal vom Blitz getroffen; der dritte Schlag erleuchtete ihn auf einige Augenblicke seiner ganzen Höhe nach. Blei, Kupfer, Eisen, Mörtel, selbst Sandstein war

an

an mehren Stellen verbrannt oder geschmolzen; an einige Glocken waren die Hämmer fest gelöthet, so dafs man viele Mühe hatte sie wieder abzulösen. Die Ausbesserungen, welche diese entsetzliche Explosion nöthig machte, kostete mehre tausend Francs. Grofse Unglücksfälle hätten durch die Steinstücke veranlafst werden können, die bis in die benachbarten Strafsen geschleudert wurden. Solche Zerstörungen und sehr natürliche Befürchtungen waren mehr als hinreichend die Sorge der Behörde zu wecken. Der Maire Friedrich von Türkheim berief eine Commission, um folgende Hauptfragen zu beantworten:

1) Ist es zweckmäfsig auf dem Münsterthurm einen Blitzableiter zu errichten?
2) Welche besondere Einrichtung mufs man bei seiner Aufstellung treffen?
3) Wie grofs werden die Kosten seyn?

Diese, zwei Monate nach der Begebenheit zusammengetretene Commission bestand aus den HH. Lacombe-Husson, Voltz, Meunier, Herrenschneider, Fargeaud, und den Baumeistern Spindler und Fries. Es wurde durch ihnen vorgelegte Documente nachgewiesen, dafs seit dreifsig Jahren die Ausgabe zur Wiederherstellung der vom Blitze angerichteten Schäden im Durchschnitt jährlich tausend Francs betragen hatte. In früheren Jahrhunderten war ein Theil des Bauwerks sogar in seiner Existenz bedroht worden. Am 27. Juli 1759 z. B. verbrannte ein Blitzschlag den ganzen Dachstuhl der Kirche; im October desselben Jahres schlug der Blitz während eines Gewitters drei Mal oben in den Thurm ein, und rifs einen der Pfeiler der Laterne fast gänzlich fort etc.

Ich wurde von meinen Kollegen beauftragt das Ergebnifs unserer Verhandlungen abzufassen; mein Bericht ging am 11. Dec. 1833 an den Hrn. Maire; die Behörde liefs ihn drucken; aber sie gab den darin gemachten Vor-

schlägen kein Gehör. Wahrscheinlich würde die Angelegenheit noch einmal liegen geblieben seyn, wenn nicht im folgenden Jahre eine noch schrecklichere Explosion, als die eben angeführte, sehr zur rechten Zeit gekommen wäre, um uns zur Ordnung zu rufen. Einer der vier Thürmchen war gleichsam in der Mitte durchschnitten worden; ungeheure Steine waren verschoben und zahlreiche Bruchstücke in beträchtliche Entfernungen geschleudert. Offenbar mufste man an's Werk gehen, und man ging endlich daran.

Unsere Kollegen, denen noch Hr. Diebold hinzugetreten war, übertrugen dem Hrn. Baumeister Fries und mir alle Einzelnheiten der Operation. Einige Abänderungen an dem ursprünglichen Plan wurden ohne weiteres genehmigt, und der Apparat war im Sommer 1835 zu seinem Dienste bereit. Hier eine abgekürzte Beschreibung desselben.

Der Münster in seiner Gesammtheit wird geschützt durch drei senkrechte Stangen, errichtet auf der Spitze des Thurms, auf dem Wächterhause an einem Ende der Plateforme, und endlich auf dem Chor, neben dem Telegraphen. Die Leite, welche von der Base dieses Apparats ausgehen, gemeinschaften mit dem Boden durch drei Brunnen von etwa 10 Meter Tiefe.

Der eine dieser Brunnen befindet sich am Fufs des Kirchenschiffs und des Thurms, nach Seite des Schlofsplatzes, am Ende der Gasse, welche die Mauern des Münsters von den Buden trennt, die dessen Basis verdecken. Die nächste Bude an diesem ersten Brunnen ist die des Klempners Rhein.

Der zweite Brunnen liegt symmetrisch, an der entgegengesetzten Seite, nach dem Domplatz hin; der dritte ist hinter dem Chor, auch nach Seite des Domplatzes und dicht bei der Sacristei, folglich von den beiden andern fast um die ganze Länge des Gebäudes getrennt. Die drei Brunnen sind vom öffentlichen Wege abgeson-

dert; sie gehen tiefer hinab als die Fundamente des Thurms, und halten jeder, selbst in der ungünstigsten Jahreszeit, ungefähr 1 Meter Wasser.

Der Ableiter, welcher den Telegraphen schützt, besteht aus einem Messingseil, welches nach verschiedenartigen Krümmungen die Mündung des Brunnens an der Sacristei erreicht; dann wird diefs Seil fortgesetzt durch eine dicke Kupferstange, die in einem Gänsefufse am Grunde des Wassers endigt.

Die kegelförmige Stange, die über den *Knopf* des Münsterthurms hinausragt und den hauptsächlichsten Blitzableiter bildet, hat höchstens eine Länge von 1,5 Meter. Es schien mir nicht nöthig diese Stange länger zu nehmen, blofs um, wie es einige Liebhaber lebhaft wünschten, die Höhe der gröfsten Pyramide Aegyptens zu erreichen oder selbst zu übertreffen. Das Wesentliche war, sie auf dem engen Raum, über welchen sie sich erheben sollte, dauerhaft zu befestigen; sie ist unten 5 bis 6 Centimeter dick. Von da gehen vier Leiter ab, bestehend aus rechteckigen Eisenstangen von 55 Millimeter Breite und 15 Dicke. Diese Leiter gehen durch die vier Arme des Kreuzes, biegen sich, so weit es nöthig ist, um dem Umrifs der Krone der Laterne zu folgen, und gelangen zu den acht Wendeltreppen; sie gehen alsdann in den, den vier Thürmchen entsprechenden Zwischenräumen herab und sind im oberen Niveau dieser durch einen Ring, der um das ganze Gebäude geht, wohl mit einander verbunden.

Von dieser metallenen Einfassung hielt man es für genügend zwei Leiter herabgehen zu lassen längs der Thürmchen an der Ost- und Nordecke, d. h. rechts und links von dem ungeheuren Kupferdach des Schiffs, gegen welches sich immer die Blitze richteten. Der eine dieser Leiter, der am Nordthürmchen, geht fast direct von dem Gipfel der Pyramide bis zum Brunnen am Dom-

platz, wo er in einer Kupferstange endigt, die an Dicke und Breite den Eisenstäben gleich ist.

Der zweite Leiter geht am Ostthürmchen herab, erreicht eine Ecke der First des Schiffs, und biegt sich, um in den Brunnen am Schlofsplatz, hinter der Bude des Klempners, zu gelangen. Aus übergrofser Vorsicht glaubten wir das Wächterhaus auf der Plateforme auch noch mit einem besonderen Ableiter versehen zu müssen, der sich an der Mündung desselben Brunnens mit dem am Ostthürmchen herabgehenden Leiter vereinigt.

Die Leiter am Thurme und am Telegraphen sind durch eine lange Eisenstange verbunden, welche längs der First des ganzen Kirchendachs hinläuft. Ueberdiefs sind alle anderen grofsen Metallflächen mit dem allgemeinen System dieser Leiter in Verbindung gesetzt. Die Kosten der Errichtung stiegen auf etwa 15000 Francs, ungerechnet, wie ich glaube, die drei Brunnen, die von den beim Gebäude angestellten Handwerkern angefertigt wurden.

Sieben Jahre verflossen, ohne dafs ein eigentlicher Blitzschlag das Gebäude oder die Leiter getroffen hätte. Es schien fast wie wenn über Strafsburg die Gewitter weniger häufig und weniger intensiv geworden wären. Allein am Montage, den 10. Juli 1843, um $1\frac{1}{2}$ Uhr nach Mittag entlud sich ein heftiges Gewitter über der Stadt, und der Blitz fuhr zwei Mal auf die Kathedrale oder vielmehr deren Ableiter.

Einige Personen behaupten eine Feuerkugel gesehen zu haben, welche die oberen Theile des Ableiters einhüllte und rasch an dessen Oberfläche herabglitt. Allein der Telegraphist, der in diesem Augenblick besser als jeder Andere placirt war, versicherte uns, er hätte nur einen leuchtenden Strich unterscheiden können, der von der Spitze des Thurms bis zur Plateforme dem Ableiter folgte, wo dieser Ableiter für ihn unsichtbar ward.

In demselben Augenblick begaben sich eigenthümli-

che Erscheinungen in der Werkstatt des Klempners Rhein. In dieser Werkstatt, deren Lage ich zuvor angegeben, waren sieben bis acht Personen anwesend; Gefäfse von Weifsblech oder Zink hingen in ziemlich grofser Anzahl an den Wänden; lange Eisenstangen standen in der, einem der Ableiter nächsten Ecke gegen die Mauer gelehnt. Im Augenblick der Explosion *glaubte man zu sehen*, dafs der Blitz zu der nach dem Platze führenden Thür eindrang, zwischen den Beinen der anwesenden Personen durchfuhr, ohne eine derselben zu verletzen, und in grofser Flamme gegen die Eisenstangen sich entlud, somit direct seine Richtung nach einem der Brunnen nehmend. Diese Entladung war von einem Geräusch begleitet, ähnlich dem, welches man durch Schlagen mit einem grofsen Hammer auf die Stangen hervorbringen konnte. Eine Minute nach dieser ersten Explosion kam ein zweiter Blitzschlag; die elektrische Materie drang wieder in die Werkstatt ein, ohne dafs man diefsmal wufste von woher sie gekommen war.

Einige Arbeiter am Münster befanden sich im selben Moment dicht bei dem Schuppen, der die Mündung des Brunnens bedeckt. Der eine von ihnen, ein bejahrter Mann, der gleichsam an diese Art von Beobachtungen gewöhnt war, bemerkte sehr wohl unmittelbar auf dem Pflaster des kleinen Hofes, hinter der Rhein'schen Werkstatt, ähnliche Lichtstriche, wie er sich erinnerte, mehrmals an dem Mauerwerk des Thurms herabfahrend gesehen zu haben. Obgleich er sehr nahe war, verspürte er keine Erschütterung, keinen eigenthümlichen Geruch, er konnte weder die Richtung noch die Form der Striche unterscheiden.

Diefs ist die Erscheinung, welche in der Nachbarschaft des Münsters lebhaftes Aufsehen erregte.

Was kann die Ursache dieser, ohne Zweifel partiellen, aber dennoch gewissermafsen ungesetzlichen Ablenkung seyn?

Am Abend nach dem Gewitter und besonders am andern Morgen stiegen die Arbeiter in unserer Gegenwart in alle Brunnen hinab. Der Baumeister Hr. Klotz, und Hr. Wagner, ein geschickter Schlosser, der den Blitzableiter verfertigt hat, untersuchten alle Leitstangen, von der Basis an bis zur Spitze des Thurms, bis über den *Knopf*. Ich habe nicht geglaubt, diese Herren bis zu den Gränzen ihrer luftigen Wanderung begleiten zu müssen; allein ich bin so weit hinaufgestiegen, um mit ihnen überzeugt zu seyn, dafs alle Leiter an den Verbindungsstellen eben so unverletzt wie sonst überall geblieben sind. Es war unmöglich auf deren ganzen Erstreckung irgend eine Spur vom Wege des Blitzes zu entdecken. Andererseits war auch das Gebäude nicht getroffen; kein Steinchen oder Mörtelstück war abgerissen.

Dennoch hatte die elektrische Materie offenbar die Spitze des Apparats getroffen, und zwar in sehr grofser Quantität; denn der Platinkegel, der acht Centimeter lang und unten etwa 1 Centimeter dick ist, war gegen die Spitze hin auf eine Länge von wenigstens 5 bis 6 Centimetern geschmolzen. Das Metall war an der einen Seite eingesunken, und wie Wachs, das am Feuer erweicht worden, herabgeflossen. Der somit abgerundete Theil hatte am ersten Tage das Ansehen eines kleinen convexen, sehr glänzenden Metallspiegels. Man hat diese Spitze mit einem Stück der sie tragenden Kupferstange abgenommen, und will sie im Münster-Archive aufbewahren.

Mein Kollege, Hr. Finck, Professor der Mathematik, richtete, nach der ersten Explosion, seine Blicke ebenfalls auf die Spitze des Thurms. Er sah den zweiten Blitz *horizontal* aus NO. kommen und sich sehr unmerklich krümmen, um die Spitze des Ableiters zu erreichen. Die Zickzacke dieser Lichtlinien waren unbedeutend, und ihre Länge schien ihm etwa 50 Meter zu betragen. Der Münster war ganz wolkenfrei; weder auf

den Leitern, noch auf dem Körper der Spitze, die das Fluidum so offenbarerweise aufnahm, war irgend ein Licht zu bemerken.

Das elektrische Fluidum hat also den Blitzableiter an der Spitze getroffen, sicher bei der zweiten Explosion, sehr wahrscheinlich bei der ersten, welche die stärkere war. Von da standen ihm zwei Wege zum Boden offen; der erste führte fast in gerader Linie in den ersten Brunnen am Domplatz, mit oder ohne Lichterscheinungen; der andere, längere aber auch ununterbrochene, würde ihn auf der gegenüberliegenden Seite in den Brunnen am Schloſsplatz geführt haben. Und an dieser Seite eben war es, wo eine groſse Anzahl von Personen behauptete, an den Leitern Lichtfurchen gesehen zu haben. Dort fand auch die beschriebene auſserordentliche Ablenkung statt.

Ein eigenthümlicher Umstand scheint uns auf einmal die Wahl des Leiters (wenn nicht indeſs eine Theilung stattgefunden hat) und besonders die Ablenkung zu erklären. Hinter der Werkstatt des Klempners, dicht neben den beiden Ableitern, die sich an der Mündung des Brunnens vereinigen, hatte man eine groſse Masse Blei und Eisen angehäuft, etwa 2000 Kilogramm, herstammend von den kleinen Dächern des Kirchenschiffs, die man dazumal mit Kupfer belegte. Diese Metallstücke waren wie ein Holzstoſs aufeinandergelegt, und boten ein scheinbares Volum von ungefähr zwei Kubikmetern dar.

Sehr wahrscheinlich hatten einige der Bleiplatten den Ableiter berührt, aber es war uns unmöglich dieſs nachzuweisen; bei unserer Ankunft hatten die Arbeitsleute schon einen guten Theil fortgetragen, um die Mündung des Brunnens aufzuräumen. Angenommen, es habe Berührung stattgefunden, so sieht man, daſs diese groſse Metallfläche einen Theil des Stroms aus seiner Hauptrichtung abzulenken und auf die nächsten äuſseren Leiter zu ergieſsen vermochte. Die Massen Blech, Zink

oder Eisen, welche in der Werkstatt und auf dem kleinen Boden darüber herumlagen, haben sicher diese Ablenkung begünstigt.

Wenn die Berührung nicht statthatte, mufs man voraussetzen, dafs einen Augenblick vor der Explosion alle guten Leiter, die sich in der Nachbarschaft des Blitzableiters, aber aufser Gemeinschaft mit ihm befanden, durch Vertheilung elektrisirt waren. Als die Explosion geschah, mufste ein wahrer Rückschlag entsehen, da die Localität gewissermafsen so gut wie möglich für ein solches Phänomen vorbereitet war. Wenn man übrigens auch einige Wichtigkeit auf die Richtung des Fluidums legt, mufs man sich doch wenig darum kümmern, in welchem Sinne einige Personen es glaubten wandern gesehen zu haben; man weifs wie leicht man sich darin irren kann.

Wenn ich glaubte einiger elektrischer Funken wegen in ein so grofses Detail eintreten zu müssen, so geschah es zunächst, weil mir scheint, dafs wir noch viel über den Blitz zu lernen haben, und dann auch weil der Blitzableiter sich mit Erfolg bewährte, und die einzigen noch lebenden Mitglieder der Commission, Herr Fries und ich, sich in der Anwendung der verschiedenen Theile des Schutzapparates nichts vorzuwerfen haben.

Schliefslich füge ich hinzu, dafs sich am andern Tage fast zur selben Stunde ein neues Gewitter über Strafsburg entlud. Der Blitz schlug in die *École de pharmacie* ein; er traf zunächst eine oben durch den Schornstein gehende Eisenstange, glitt am Dache herab, um, allem Anscheine nach, eine der Dachrinnen zu erreichen, mittelst welcher er sich in den Boden verlor. Dieser Blitzschlag ist nur in sofern merkwürdig, als er es vorzog das besagte Gebäude zu treffen, und nicht die der Universität, die sehr nahe stehen, sich mehr erheben und sogar mit einem ganz kleinen Ableiter versehen sind.

VI. *Die Gletscher des Kasbek; vom Dr. Kholenati.*

(Entnommen aus des Hrn. Verf. Abhandlung: Die Ersteigung des Kasbek im Jahre 1844, den $\frac{14}{26}$ August, im *Bullet. de la classe physico-math. de l'acad. de St. Petersb.*, *T. IV*, *No.* 12, 13 und 14) [1]).

Fast allgemein war die Meinung, dafs der Kaukasus keine Gletscher in seinen Schluchten nähre. Allein, ver-

1) Hr. Dr. Kholenati fand durch barometrische Messungen den Gipfel Kasbek 2077 Toisen über Tiflis und 2308 Toisen über dem Meere. Er bemerkt in dieser Beziehung Folgendes: „Obgleich ich den Kasbek um 262 Toisen niedriger schätze, als den durch Hrn. Kupffer auf 2570 Toisen bestimmten Elbrus, so erscheint ersterer Berg sowohl von der Nordseite, besonders aus der grofsen und kleinen Kabardey bei Kotlaerewskoie, wo man ihn zugleich mit dem Elbrus von dem günstigsten Standpunkte aus vergleichen kann, als auch von der Ostseite dem Reisenden höher als der letztere. Diese täuschende optische Erscheinung war es, welche die Veranlassung gab, dafs sich bisher alle Reisenden ungern dazu entschlossen, den Kasbek niedriger als den Elbrus anzuschlagen; daher subtrahirte Parrot von der Höhe des Elbrus für die des Kasbek nur 170, und Meyer, nachdem er unmittelbar aus der Nähe des Elbrus angekommen war, nur 125 Toisen.

Abgesehen davon, dafs dem Nivellement Parrot's ein von Kupffer und Dubois nachgewiesener Irrthum in dem Verhältnisse des Niveaus des Schwarzen zum Kaspischen Meere zu Grunde liegt, und Meyer nur mit einem Barometer allein beobachtete; vorausgesetzt ferner, dafs bis jetzt das richtige Verhältnifs zwischen dem Ocean, dem Schwarzen und Kaspischen Meere bestimmt ist oder sich nicht geändert hat, so kann ich noch einen sehr triftigen Grund des differenten Abschätzens angeben.

Der Elbrus erhebt sich, nach Kupffer's Messungen, erst aus einer absoluten Höhe von 1277 Toisen und mit einer breiteren Basis allmälig; während der Kasbek, nach meiner Berechnung, schon in einer Meereshöhe von 909 Toisen sich sogleich steil und mit einer schmäleren Basis anfängt über den Kaukasischen Horizont zu erheben. Sieht man nun beide Berge zugleich und beurtheilt ihre Höhe nach diesem Horizonte und ihrer Steilheit, so wird man sich nicht verwundern, wenn schon die Japhetiden. und unter ihnen Prome-

gleicht man die absoluten Höhen desselben mit denen der Alpen, hat man ferner im Hochsommer die mit ewigem Schnee bedeckten Punkte gesehen, so kann man nicht begreifen, wie der Schnee auf diesen Höhen sogleich in den flüssigen Zustand übergehen könnte, ohne durch Infiltration und Auflockerung den Firn, und durch Wachsthum der Firnkörner Gletscher zu bilden. Die Veranlassung zum Auffinden und der Untersuchung dieser so wichtigen Eismassen gab mir der hohe Standpunkt an den östlich vom Kasbek liegenden Gebirgskämmen Kuro, von wo ich am 4. und 5. September 1843 bei der von mir veranstalteten Jagd auf den Kaukasischen Tur die so gefürchtete Gletscherlawine übersah, wodurch mein Streben, diesen Eiskolofs auch in der möglichsten Nähe zu betrachten, angefacht wurde. Diese Gletscherlawine ist es, mit der ich die Beschreibung der von mir aufgefundenen acht Gletscher des Kasbek beginne. Ich fühle mich veranlafst, die Gletscher des Kasbek und eben so auch die noch zu untersuchenden des ganzen Kaukasus

theus, sich eher dem Kasbek als dem Elbrus zuwandten, um das Himmelsfeuer zu rauben, und gewifs ist der Kasbek der Kauk-Ase, der Berg der Assen des Herodot, an dem er den verwegenen Feuerräuber, zur Strafe festgeschmiedet, von einem Urahnen der hier noch immer kreisenden Geier verzehren läfst. Daher wanderten dieser optischen Täuschung alle Trümmer von Völkerschaften zu, welche der von Norden und Süden über die Ebene losbrechende Sturm verjagte und zur Aufsuchung eines Asyls zwang. Den Scytho-Skolotten oder Katiaren des Herodot, den Chasaren der georgischen Chronik, zeigte schon der Kasbek, als sie auf die Thargamosier eindrangen, an, dafs hier ein Engpafs sey, und von dieser Zeit her haben die Nachkommen des Skolottischen Königssohnes Uobos, und der bis hieher als Gefangene geschleppten Meder und Semiten, die Owsni, Bewohner von Osseth, die heutigen Osseten, den Mittelpunkt des Kaukasus inne. Die Könige von Persien, Alexander von Macedonien, die Römer, die Griechen, die Arsaciden und Sassaniden fühlten sich mehr vom Kasbek und dessen Engpasse, der *Porta caucasica, Porta Duriela*, der Tagaur'schen Schlucht angezogen; auch der ältesten Gelehrten Forschen drehte sich eben so wie jetzt das der neueren um den Kasbek, als einen Thurm Babylons.

in periodische und permanente einzutheilen; denn da der Kaukasus ein Kettengebirge ist, und in Kettengebirgen die niedrige Temperatur, wie auch die Anhäufung der Schneemassen weniger constanten Gesetzen unterworfen ist, nebst dem auch die beiderseitigen Meere, das Schwarze und das Kaspische, viel zur Veränderlichkeit beitragen, so kann es Jahrgänge geben, wo in manchen Schluchten Gletscher erscheinen und Jahrgänge, wo sie wieder verschwinden.

Ich rechne unter die permanenten Gletscher des Kasbek:

1) den Desdaroki-Gletscher,
2) den Ziklurgi-Gletscher,
3) den Tschchari-Gletscher;

unter die periodischen:

4) den Gisal-Gletscher,
5) den Neben-Tschchari-Gletscher,
6) den ersten Zminda-Nino-Gletscher,
7) den zweiten - - -
8) den dritten - - -

1) Der Desdaroki- oder Dhagaur'sche Gletscher.
(Die Darjal'sche Gletscherlawine.)

Dieser schon durch sein periodisches Herabgleiten und die verheerenden Folgen, welche sein Sturz nach sich zieht, merkwürdige Gletscher liegt in der zwischen den nordöstlichen Gebirgskämmen des Kasbek sich erstreckenden Schlucht, aus welcher der Desdaroki oder Zachdon dem Terek zufliefst. Er ist von mir im Jahre 1843 bestiegen und gehörig untersucht worden. Meine ausführlichere Beschreibung nebst einer Karte davon ist im *Bulletin* der Kaiserl. Academie der Wissenschaften in St. Petersburg, *T. II*, *No.* 17, *Cl. phys. math.* abgedruckt. Ich entnehme nur davon einen Auszug.

Der Haupt-Gletscher besteht aus zwei vereinigten Nebengletschern, einem westlichen und östlichen. Die

Vereinigung geschah diesmal ohne die geringste Verwirrung, während sie periodisch das Herabgleiten zu befördern scheint.

Dafs der gegenwärtige Hauptgletscher aus den zwei vereinigten Nebengletschern besteht, beweist:

1) die überall abgeschlossene Schlucht, so, dafs sich weder der eine noch der andere Nebengletscher anderswo einen Weg bahnen kann;

2) die Gufferlinie [1]) auf der Mitte des Hauptgletschers, entstanden durch die Vereinigung der Randdecken beider Gletscher, deren Steingetrümm sich gegen den Gletscherschweif erweitert;

3) der Mangel an Schründen in der Mitte des Haupt-Gletschers; denn nur einfache Gletscher ohne Mittelmoräne oder mittlere Schuttlinie bewegen sich in der Mitte schneller und werfen Schründe, während Gletscher mit Mittelmoränen sich bald auf dieser, bald auf jener Seite der Gufferlinie, bald an den Rändern am schnellsten bewegen und zerschründen;

4) die nur zu beiden Seiten der Gufferlinie, nie an derselben liegenden Gletschertische (von 1 bis 3 Arschin Durchmesser); denn die einem jeden Nebengletscher angehörenden Tische werden auch bei der Vereinigung nicht verrückt;

5) die Art und Weise der auf der einen oder anderen Seite des Hauptgletschers deutlichen Schichtung, welche schon deshalb ausführlich beschrieben zu werden verdient, als sie nicht nur die Behauptung Agassiz's bestätigt, sondern auch die dagegen von Hugi gemachten Einwendungen widerlegt, und mich durch die genau angestellten Beobachtungen zu einer Erklärungsweise der Entstehung der Schichten veranlafst.

Die Schichtung des Gletschers.

Nicht jeder Gletscher zeigt Schichtung in seinem Eise, besonders dann um so weniger, je weiter er sich herab-

1) Immer die Vereinigungsnaht zweier Gletscher.

zieht, je weniger er durchschründet war, und je mehr sich seine Lage der horizontalen nähert. Auch ist es oft für den Gletscherbeobachter sehr schwierig, sich von der Beschaffenheit des inneren Gefüges eines Gletschers zu überzeugen; denn auf die Beschaffenheit der Wände in den einzelnen zugänglichen Gletscherspalten eine Folgerung in Hinsicht der ganzen Gletschermasse zu stützen, halte ich für unzulässig. Dem besonderen Zufall habe ich es zu verdanken, einen so riesenhaften, wie den Desdaroki-Gletscher, den 8. September des Jahres 1843 an einer frischen Bruchfläche gesehen zu haben. Der Hauptgletscher brach nämlich nicht lange vorher an seinem Ende quer ab, und das Bruchstück gleitete eine Strecke das unbewohnte Thal hinab. Die senkrechte Mächtigkeit an der Bruchfläche des Hauptgletschers betrug 112 engl. Fufs, und liefs deutlich zahlreiche Schichtungen erkennen, von denen die untersten aus einem äufserst festen, grünlichblauen Eise gebildet waren, gegen die Oberfläche des Gletschers aber mehr und mehr an Intensität der Färbung und sogar Festigkeit abnahmen. Die Schichten waren am deutlichsten zu beiden Seiten der Bruchfläche, während sie gegen die Mitte verschwanden; oder es wechselten an Deutlichkeit die zu beiden Seiten der Mittellinie mit jenen der Ränder. Die ganze Bruchfläche gewann daher das Ansehen, als wenn vier neben einander horizontal liegende Kegel mit ihren Enden so verbunden wären, dafs zwei Kegel mit der Basis und beide Kegelpaare mit der Spitze an einander stofsen.

Versuch einer Erklärung dieser Schichtung.

Die Schichten eines Gletschers in der niedrigen Region lassen sich nicht aus der Schichtung des Hochfirnes deduciren, und in dieser Hinsicht stimme ich **Hugi's** Ansicht bei, dafs der Firn nur in sofern, als der jährliche Schnee selten ganz wegschmilzt, und jedes Jahr aus seinem Schnee eine neue Lage sich erzeuge, geschichtet

seyn kann; dagegen niemals der Gletscher, auf dem jedes Jahr der Schnee rein wegschmilzt, und das schichtenförmige Gefüge des Firnes durch die Vergröfserung der Firnkörner und durch das spätere Ineinanderschieben der Gletscherkörner verschwindet. Und doch sind Thatsachen einer Schichtung der Gletscher vorhanden! Saussure fand am Montblanc, Zumstein am Monte-Rosa und Agassiz an den senkrechten Wänden des St. Theodul-Gletschers deutliche Schichtung. Wie ist nun diese merkwürdige Erscheinung, ohne die auf Thatsachen gegründete Gletschertheorie umzustürzen, zu erklären? — Zumstein und Saussure hielten diese Schichten für eben so viele Jahresniederschläge, indem sie glaubten, eine jede entspreche der Menge des in einem Jahre gefallenen Schnees. Allein diese Ansicht wird schon durch die Theorie des Wachsthums der Firn- und Gletscherkörner, so wie auch durch das jährliche Wegschmelzen des frischen Schnees am Gletscher hinlänglich widerlegt, wenn man nicht noch dabei die Frage aufwerfen müfste, warum denn die Schichten des Desdaroki-Gletschers nicht horizontale und parallele seyen?

Agassiz erklärt die Schichten aus dem Temperaturwechsel der Hochregionen, indem er die Theorie des Jahreswechsels von Zumstein und Saussure nicht anerkennt. Doch macht dieser scharfsinnige Beobachter schon auf gewisse Streifen aufmerksam, welche man oft am Thalende der Gletscher sieht, und vermuthet, dafs sie geschlossene Spalten seyn könnten, welche durch irgend einen noch zu erklärenden Umstand während des Vorrückens des Gletschers horizontal geworden sind.

Ehe ich meine Erklärungsweise versuche, sehe ich mich genöthigt, auf folgende Prämissen aufmerksam zu machen:

1) Es ist Erfahrungssache, dafs sich die Schichtung des Firnes parallel und nur in der Tiefe deutlich, niemals aber mannigfach gehoben und gesenkt, wie es in den Gletschern der Fall ist, zeigt.

2) Es ist Thatsache, dafs die Spalten oder Schründe von den Gletschern immer quer, mit ihrer Bewegungslinie im rechten Winkel, und parallel mit einander, geworfen werden [1]).

3) Es ist dargethan, dafs sich die frisch geworfenen Gletscherschründe durch das Eindringen der Atmosphäre, durch den bekannten Auflockerungsprocefs der Gletscherkörner, und den dadurch bedingten Schmelzprocefs erweitern, nach unten aber allemal keilförmig zusammengehen [2]).

4) Es ist nicht mehr zu bezweifeln, dafs im Frühlinge und Herbste in jedem Schrunde bald ein Schliefsen vom Grunde aus nach der Oberfläche des Gletschers erfolgt; indem die Wände der zerrissenen Stellen wegen der begierigen Absorption [3]) der Feuchtigkeit ihre Körner vorzugsweise entwickeln, ja der in die Schründe gewehte Schnee sich körnt, und weit früher, als der Hochschnee, in Gletschereis mit gleicher Korngröfse übergeht.

5) Es ist erwiesen, dafs die Gletscher ihre Schründe abwechselnd werfen. Wenn die eine Seite des Gletschers sehr zerschründet ist, so erscheint auf der entgegengesetzten Seite die Continuität wenig gestört. Im künftigen Jahre verhält es sich umgekehrt. Die Schründe schliefsen sich, und wo der Gletscher gangbar war, ist er jetzt der Schründe wegen unzugänglich [4]).

1) Nur in solchen seltenen Fällen können die Querspalten auch zu Längsspalten werden, wenn ein Gletscher in einer anderen Richtung umbiegt, indem das Wachsthum, und daher auch die Bewegung am äufsersten Umbiegungsrande zunimmt.

2) Ausgenommen, wenn sich ein Gletscherbach in den Schrund ergiefst und denselben durchfrifst, welche Erscheinung bei den Aelplern unter dem Namen *Wolken* bekannt ist.

3) Daher ist in den Gletscherschründen die Trockenheit gröfser, als an der Oberfläche der Gletscher.

4) Weil durch das Uebergewicht der Ausfüllungsmasse auf der einen Seite ein Mifsverhältnifs in der Spannung mit der entgegengesetzten Seite hervorgebracht wird.

6) Es ist unwiderleglich, dafs die Reproduction des Gletschers gegen sein unteres Ende abnimmt, dagegen aber der Schmelzprocefs, mithin auch die Entwicklung der Haarspalten und die Auflockerung des Gefüges zunimmt, da hier der Tageswärme die Kälte der Nacht nicht mehr entspricht.

7) Daher geschieht auch die Füllung der Spalten am vollkommensten in der höheren Gletscherregion und nimmt in der unteren ab, so dafs sie am Ende des Gletschers verschwindet.

8) Bei einfachen Gletschern, ohne Mittelmoräne, nimmt die Bewegung oder vielmehr das Wachsthum der Gletschermasse, nach den neuesten Beobachtungen von Hugi, von den Rändern, von der Oberfläche und vom Grunde gegen die Mitte zu, oder mit anderen Worten in horizontaler, wie in verticaler Richtung gegen die Gletscheraxe zu, und erleidet im Winter, wegen der festen Verbindung des Gletschers mit dem Grunde und den Seitenwänden, um so weniger eine Veränderung.

Aus diesen vorangeschickten Erfahrungssätzen lassen sich mit Sicherheit folgende Schlüsse ziehen:

a) Die eigenthümlich gehobene und gesenkte kegelförmige Schichtung des Desdaroki-Gletschers hat durchaus nicht ihren Ursprung in der Firnregion. Folgt aus 1.

b) Diese Art der Schichtung hat sich schon vor der Vereinigung der Nebengletscher gebildet. Folgt aus 2, 3, 5, 7.

c) Die horizontalen Kegelschichten sind die Ausfüllungsstreifen der geschlossenen Schründe. Folgt aus 3, 4, 8.

d) Alle Begränzungslinien der früher gestörten und wieder hergestellten Continuität des Gletschers kommen gegen das Ende desselben mehr zum Vorschein. Folgt aus 6.

Die Schründe reichen nun in verticaler Richtung entweder bis zur Mitte des Gletschers oder über dieselbe hin-

hinaus. Durch die in der Mitte des Gletschers, sowohl in horizontaler als verticaler Richtung, beschleunigte Bewegung oder das Wachsthum werden die Schründe im *ersten Falle* mit der Bewegungsaxe des Gletschers, sowohl in verticaler als horizontaler Richtung, einen desto spitzigeren Winkel bilden, je weiter sie von ihrem Entstehungsorte bewegt wurden; daher müssen sie endlich im verticalen Querdurchschnitte des Gletschers als gegen die Gletscheraxe mit ihrer Spitze gekehrte Kegeldurchschnitte erscheinen. Im *zweiten Falle*, wenn sich nämlich die Schründe tiefer über die Mitte des Gletschers erstrecken, werden unter denselben Verhältnissen ihre kegelförmigen Ausfüllungsflächen gebrochen, und erscheinen daher im verticalen Querbruch des Gletschers doppelt. Diefs gilt nun vom einfachen Gletscher. Besteht dagegen der Gletscher aus zwei vereinigten Nebengletschern, so ist es nunmehr augenscheinlich, warum sich die Schichten als zwei Paar verticale Kegeldurchschnitte darstellen, und wegen der noch weiter vorgeschrittenen Neigung der ausgefüllten Schründe an Deutlichkeit gewinnen.

Das Herabgleiten des Desdaroki-Gletschers.

Ein grausenhaft-schönes Bild mufs das mit furchtbarem Donnergetöse und aufserordentlicher Schnelligkeit erfolgende Herabgleiten des Eiskolosses gewähren, wenn der Titanenberg seinen Nachbar, den Elbrus, den symplegadischen Felsen der Kassandra begrüfst. Und in der That soll das Getöse, nach der Versicherung meiner Ossetischen Begleiter, Keriät Chamirza, Bimirza und Thamasoi, von denen ersterer drei Mal den Sturz erlebt hatte, bis Kobi ($25\frac{1}{2}$ Werst) und im Hochgebirge noch in einer Entfernung von 50 Werst gehört worden seyn. Alles geräth Wochen lang schon vor dem Sturze in Aufruhr, die Reisenden jagen mit schnaubenden Rossen in der Darijal'schen Schlucht vor den finstern Bil-

dern der Steinhaufen und überhängenden Felsen, noch mehr aber vor der drohenden Gefahr sogar durch den Luftdruck getödtet zu werden. Das wilde Gebrüll des zu dieser Zeit trüben, grauschwarzen, cascadenartigen Terek steigert noch den Ernst der Bilder. Nach erfolgtem Sturze wird das Bild der Zerstörung noch imposanter, ein Raum von zwei Werst Länge ist mit Eis- und Stein-Getrümm auf eine Höhe von 300 bis 500 Fufs bedeckt, der Zach-Don und Terek, im Laufe einige Tage gehemmt, überschwemmen das enge Thal, bis sie sich unter den Eismassen durchwühlen. Ein bis zwei Jahre hindurch wird die Strafse für Wagen unbrauchbar, und selbst dann fährt man zwischen zwei mächtigen Mauern von Eis- und Stein Getrümm, welches einen zu erdrücken droht.

Im Jahre 1776 den 19. Juni erlebte der Vater Keriät's den Sturz, welchen Reineggs (Bd. I, S. 8 und 224) als den einer Schutt- und Schnee-Lawine beschrieben hatte. Eine Anzahl Einwohner des Dorfes Desdaroki nebst Vieh gingen durch diese Katastrophe zu Grunde. Das Dorf Guöleti, welches nahe am Terek lag, wurde überschwemmt, und deshalb $9\frac{1}{2}$ Toisen höher [1]), und hinter einen 150 Toisen über den Terek sich erhebenden Felsen, durch den es vor dem Verschütten geschützt ist, verlegt. — Ein ähnliches Ereignifs erlebte Keriät's Vater in dem Jahre 1785, auf welches sich der Sohn, obgleich er es nach seinem Alter ebenfalls erlebt haben mufste, nicht erinnerte, weshalb es auch Reineggs kurz anführt. In den Jahren 1808 im Monate August, 1817 den 27. October und 1833 sah Keriät Chamirza die Ereignisse des Sturzes. — Der Zwischenraum von dem ersten uns historisch-gewifs bekannten Sturze bis zu dem

1) Dubois giebt die Lage des Dorfes Guöleti über dem Terek auf 258 Fufs an. Es scheint eine Verwechslung mit dem 43 Toisen über dem Terek liegenden Dorfe Zdo oder Ziklurgi stattgefunden haben.

nächstfolgenden beträgt 9 Jahre, der folgende 23, der dritte 9, der vierte 16, und der vom letzten Sturze bis jetzt 12 Jahre. Wären zuverlässige Beobachtungen über die in den Wintermonaten der Zwischenjahre gefallene Schneemenge und über die warmen Sommer in dieser Gegend, so liefsen sich daraus sehr wichtige Folgerungen ziehen.

Die Ursachen des Sturzes.

Die zwei Nebengletscher des Desdaroki-Gletschers ruhen auf einer so stark geneigten Grundfläche [1]) (33°), dafs es nicht abzusehen ist, warum, wenn sie einmal nach überwundener Reibung mit der Grundfläche in's Gleiten kommen, dasselbe nicht fortdauere. Kommt nun noch der Druck der hinterliegenden Theile gegen die vorliegenden und die Gewalt der Bewegung selbst in Betracht, so wäre demnach keine Ursache da, welche die einmal eingeleitete Bewegung hemmen könnte, und die gesammte Gletschermasse müfste alle Jahre in die Tiefe stürzen. Allerdings kann man (doch nicht einzig und allein) dem abwärts wirkenden Drucke, der wiederum abhängig ist von der Neigung der Bodenfläche und dem Gewicht der aufliegenden Eismasse, einen grofsen Antheil an dem Vorrücken der Gletscher beimessen; doch lassen sich noch gegen diese von Saussure entwickelte Rutschtheorie folgende Einwürfe machen:

a) dafs die Gletscher auch im Winter vorrücken, wo die Gletscherbäche unter denselben versiegen und die Gletscher an den Grund anfrieren;

b) dafs in den Gletschern Schründe entstehen, und doch auch lange offen bleiben;

c) dafs sich oft die Gletschermasse auftreibt und aufstauet;

1) Uebrigens giebt es, nach der Angabe Charpentier's, Gletscher, die auf einer mehr als 45° geneigten Grundfläche liegen, und nicht herabstürzen.

d) dafs sich Gletscher im Sommer zurückziehen;

e) dafs Gletscher von sehr geringer Neigung (3 bis 4°) dennoch vorrücken.

Es fällt dem aufmerksamen Beobachter auf, warum der Desdaroki-Gletscher immer in Perioden von neun oder der doppelten wie auch dreifachen Anzahl Jahren herabgleite. Wenn man diese merkwürdige Erscheinung mit der Gletschertheorie über die Bildung, das Wachsthum und die Bewegung übereinstimmend und erschöpfend erklären will, so mufs man das Herabstürzen nach neun Jahren als *ersten Fall* von dem nach der doppelten oder dreifachen Anzahl Jahre als *zweiten Fall* ganz trennen.

Erster Fall des Herabgleitens.

Aus dem Hochfirne des Kasbek entstehen nun nach den bekannten Bildungsgesetzen die zwei Nebengletscher, und füllen, je nachdem schneereiche Winter und heifse Sommer waren, früher oder später die ihnen angewiesenen Schluchten an. Da nun beide Schluchten nach Nordost liegen, und nur durch ein schmales Felsenjoch getrennt sind, so kann man nicht nur eine in beiden herrschende gleichmäfsige Temperatur, sondern auch ein gleichförmiges Wachsthum der Nebengletscher annehmen. Doch stürzen sie niemals, bevor sie nicht so weit angewachsen sind, dafs sie mit ihrem unteren Ende zusammenstofsen, was auch der die Gletscher beobachtende Keriät bestätigte [1]).

1) Man mufs also mit Recht eine Adhäsionskraft der Gletscherkörner zu einander und eine Plasticität der Gletschermasse, einen nicht ganz starren bildungsunfähigen inneren Zustand des Gletschereises, annehmen, und in sofern verdient, wenn man nämlich die Sache weniger wörtlich auffafst, die neuerlich aufgestellte Plasticitätstheorie von Forbes, welche zwar schon Altmann vor 100 Jahren zu entwickeln anfing und Gruner erweiterte, doch einige Anerkennung. Forbes behauptet nämlich, dafs die Gletschersubstanz so ist, wie sie seyn würde, wenn klebrige Flüssigkeiten sich auf geneigter Fläche abwärts bewegten.

Würden sich diese beiden Nebengletscher unter einem rechten oder dem rechten näherstehenden Winkel vereinigen, und einer derselben schon tiefer herabreichen, wie auch mächtiger seyn, so würde diefs eine Einmündung des schwächeren und kürzeren Gletschers zu nennen seyn, und diese Art der Vereinigung nicht nur ohne Störung erfolgen, sondern der sich einmündende Gletscher den anderen festklemmen.

Allein es geschieht im Gegentheil die Vereinigung gleichzeitig, die Nebengletscher sind so ziemlich gleich mächtig, und der horizontale Vereinigungswinkel beträgt nur 15°. Fällt nun der Moment des Zusammenstofsens in die Jahreszeit, wo die Nebengletscher an ihrer Grundfläche abschmelzen und die darunter fliefsenden Gletscherbäche mächtig angeschwellt sind, so reicht der gegenseitige Druck hin, welcher wegen des spitzigen Vereinigungswinkels sich dem Drucke von oben oder in der Richtung der Axe des Gletschers anreihen läfst, die Adhäsionskraft und die Hindernisse der Reibung zu überwinden und den Sturz zu bewerkstelligen. In diesem Falle werden die Endmoränen vorgeschoben und weit mehr Gerölle der Gletscherlawine vorangehen.

Zweiter Fall des Herabgleitens.

Wenn die Vereinigung der beiden Nebengletscher ohne Störung, was nur im Winter der Fall seyn kann, vor sich gegangen ist, so stürzt der Gletscher nicht mehr, und wächst so als ein zusammengesetzter Gletscher thalabwärts.

Da es nun erwiesen ist, dafs Gletscher, wo sie jäh herabzusteigen beginnen, mehr Schründe werfen, und solche zerschründete Stellen durch das Schliefsen sich wulstförmig über die Oberfläche erheben; da es ferner bekannt ist, dafs Gletscher, deren horizontalen lateralen Bewegungen durch einengende Felsen Schranken gesetzt sind, sich vertical kräftiger ausdehnen, so müssen auch

Gletscher an sehr geneigter Grundfläche durch den von oben wirkenden Druck und an der Abschwungs- oder Einsenkungsstelle durch das Anwachsen des Gletschereises von innen heraus aufquellen, an verticaler Dicke zunehmen und sich endlich aufstauen. Diefs alles tritt nun ein nach geschehener Vereinigung der beiden Nebengletscher zum Hauptgletscher; denn dann bildet der Hauptgletscher das vorliegende Hindernifs des diagonalen Vorrückens, ja der verticale Vereinigungswinkel [1]) (Einsenkungs- oder Einknickungswinkel) eines jeden Nebengletschers mit dem Hauptgletscher beträgt 147°: daher werden sich nach und nach in diesem Winkel die Nebengletscher über den Hauptgletscher aufstauen, und endlich bei abermaliger Berührung übergleiten, wodurch der Hauptgletscher erschüttert und mitgezogen wird. Dieser zweite Fall des Herabgleitens steht der Tagaur'schen Schlucht jetzt bevor, und in diesem Falle wird mehr Gerölle nachkommen als vorangehen.

2) Der Gisal-Gletscher.

Ueber diesen am nordwestlichen Abhange des Kasbek von der Höhe etwas sichtbaren Gletscher kann ich nichts Ausführliches sagen, da mir die geologischen Verhältnisse der nordwestlichen, westlichen und südwestlichen Seite des Kasbek noch unbekannt sind. Dieser Gletscher läfst aus seinen schmelzenden Schnee- und Eismassen den Gisal-Don entstehen, welcher erst, nachdem er die Ossischen Gaue der Gurtaten, Tschimiten und Dhageate bewässert und sich mit dem Ardon vereinigt hat, in den Terek fällt.

3) Der Ziklurgi-Gletscher.

Dieser sehr breite Gletscher liegt an dem östlichen, ziemlich steilen Abhange des Kasbek, und ist in sofern

1) Welchen man erhält, wenn man eine Längslinie über die Oberfläche des Nebengletschers, und eine Querlinie über den Hauptgletscher an dem Vereinigungspunkte zusammenstofsen läfst.

merkwürdig, als er den augenscheinlichsten Beweis liefert, dafs bei verhinderter diagonaler Bewegung das Wachsthum und Vorrücken sich in transversaler Richtung äufsert.

Vor dem unteren Ende des Gletschers liegen grofse Endmoränen, welche beweisen, dafs sich der Gletscher zurückgezogen hat, d. h. dafs der am Ende des Gletschers stattfindende Abschmelzungsprocefs das obere Wachsthum übertraf. Vor den Moränen sind grofse Gebirgskämme, welche durch keine Schlucht getheilt werden; daher kann der Gletscher nie weiter vorrücken, daher fliefsen alle aus ihm entspringende Quellen, 12 bis 13 an Zahl, nach Norden, und stürzen sich meistens über die Felsen in den Zach-Don. Nur der Schechtskali bahnt sich einen Weg durch sehr enge Felsspalten der sogenannten Schech-Berge, und ergiefst sich, in drei Arme sich theilend, oberhalb Guöleti in den Terek.

4, 5, 6) Die drei Zminda-Nino- oder Nino-Gletscher.

Die drei Nino-Gletscher liegen in den östlichen Schluchten des Kasbek, getrennt durch das grofse östliche Hauptjoch vom Ziklurgi-Gletscher. Sie sind in sofern merkwürdig, als sie einen Beweis liefern, dafs sich Gletscher, wenn sie aus einer grofsen Schlucht in mehrere kleinere Schluchten gedrängt werden, vermöge ihrer Plasticität theilen müssen. Der mächtigste unter ihnen und zugleich der breiteste unter allen Gletschern des Kasbek ist der dritte Nino-Gletscher, welcher als Hauptgletscher unter diesen dreien anzunehmen wäre. Er füllt das östliche Ende des sogenannten Riesengrundes oder der Riesenschlucht des Kasbek aus, und hat vor sich die bekannte Riesen-Moräne, welche schon zu so einer bedeutenden Höhe und Macht angewachsen ist, dafs sie das diagonale Ausbreiten des Gletschers verhindert.

Der erste Nino-Gletscher liegt nördlich dem dritten gl. N. zur Seite, und ist derjenige, welcher sich nach oben in den Firnfeldern des östlichen Hauptjoches des

Kasbek verliert. Dieser Gletscher wächst im Frühjahre unter befördernden Verhältnissen so an, dafs er sich endlich in zwei Schluchten drängen mufs, in eine tiefer liegende, wo er wegen der schattigen Lage weniger abschmilzt, und von mir als Rest unter dem Namen zweiter Nino-Gletscher bezeichnet wurde, und in eine höher liegende Schlucht, durch welche er sich in die Seite des Tschchari-Gletschers einmündet oder auch durch Aufstauen über denselben schiebt.

Im J. 1844 ist er ganz zusammengeschmolzen, hat dagegen deutliche Spuren seiner Existenz hinterlassen. Diese Spuren sind nämlich seine nach dem allmäligen Abschmelzen (dem sogenannten indirecten Zurückziehen der Aelpler) hinterbliebenen Endschutthaufen oder Moränen, von denen zwei auf dem Körper des Haupt-Tschchari-Gletschers liegen, und schon früher bei Gelegenheit des Ueberschreitens derselben beschrieben worden sind.

Die drei Nino-Gletscher dienen zwei kleineren Gletscherbächen, welche dem Tschchari zufliefsen, zum Ursprung.

7, 8) Die Tschchari-Gletscher.

Der Haupt-Tschchari-Gletscher, von 126 englische Fufs verticaler Macht und 500 Schritt Breite, entspringt in dem südlichen Firnmeere des Kasbek, tritt am südwestlichen Ende der Riesenschlucht hervor, indem er sich unter einem rechten Winkel nach Nordost dreht, an der Drehungsstelle bedeutend zerschründet und anwächst. Er erstreckt sich weit herab in die sogenannte Schlucht des Tschchari, eines gefährlichen Gletscherbaches, welcher im Gletscher viele Wolken bildet und denselben unterwäscht. — Aus den nord-östlichen Firnfeldern des Berges Tot-Chog wächst ein kleiner Gletscher dem früheren in die Seite, und wurde von mir Neben-Tschchari-Gletscher genannt. Der Hauptgletscher wurde schon in der Beschreibung der Ersteigung vielfach besprochen.

Er soll in früheren Zeiten weit tiefer hinabgereicht haben, und einmal, nach der Tradition der Görgetischen Einwohner, herabgestürzt seyn, wobei die Eismasse an Schwungkraft so gewann, dafs sie über den Terek auf die entgegengesetzte Seite eine Strecke bis zu dem Kurotskali, dem Bache der tollen Schlucht, rutschte. Um sich vor den verheerenden Ausbrüchen der tollen Schlucht und des Tschchari-Gletschers zu schützen, haben die Eingebornen des Dorfes Stepan Zminda ihre Wohnungen weiter südlich verlegt, und die Görgetiner ihr Dorf auf einer Böschung erbaut. Der Gletscher droht sowohl den Feldern als auch den Mühlen Görgetis mit Verschüttung; glücklicherweise aber wiederholte sich diese Katastrophe seitdem nicht mehr, doch sind Ueberschwemmungen von Seiten des angeschwellten Tschchari nicht selten. Deswegen haben die Görgetiner ihre Felder mit grofsen Felsstücken eingezäunt, um das Fortschwemmen des guten Erdreiches zu verhindern.

Schneegränze, Firnlinie und Gletscherregion des Kasbek.

Bevor die Theorie der Gletscherbildung hinlänglich bekannt war, hat man die Schneelinie an die Stelle versetzt, wo sich der alte Schnee bis über die heifseste Jahreszeit erhält. Bischof, Parrot und Pictet bestimmten die Schneelinie weit richtiger. Bischof setzt in seiner Wärmelehre des Erdkörpers in den Schweizeralpen die mittlere Lufttemperatur von 0° R. auf 1028 Toisen Meereshöhe, und nimmt eine Abnahme von —1° R. für 113 Toisen Erhebung an. Daher würde die mittlere Luftwärme von —3° R. auf der Schneelinie der Schweizer-Alpen seyn, und in eine absolute Höhe von 1300 Toisen nach Pictet's Bestimmung fallen. Wenn Parrot die Schneegränze im Kaukasus gerade an die Stelle versetzt, wo die mittlere Temperatur der Erdatmosphäre des ganzen Jahres bei 0° R. beharrt, so darf diefs nicht auffallen, indem der Kaukasus bei einem Breitenunter-

schied von 3 Grad das Niveau des ewigen Schnees höher trägt, welches Parrot auf 1647 Toisen, also 315 Toisen höher als in den Alpen, annahm. Kupffer nahm es auf 1727 Toisen, Meyer auf 1668 Toisen, Dubois am Ararat sogar auf 2000 Toisen an. Hugi fand die Schneegränze in den Alpen auf 1331 Toisen, Saussure auf 1350 Toisen Meereshöhe. Für den Kasbek bestimmte ich die Schneelinie, wie man sie gewöhnlich benennt, auf eine absolute Höhe von 1593 Toisen, somit, wenn man von der gefundenen Mittelzahl die von Hugi, Saussure und Pictet auf 1325 Toisen angegebene Höhe abzieht, um 268 Toisen höher als in den Schweizer und Savoyer-Alpen.

Für den gegenwärtigen Stand der Geologie finde ich aber die bloſse Bestimmung des Collectivnamens Schneelinie unzureichend, und mich veranlaſst, wohl zu unterscheiden und auf den genauen Unterschied aufmerksam zu machen zwischen der *Schneegränze im engeren* und *der im weiteren Sinne.*

Diese ist die absolute Höhenlinie, von welcher aufsteigend der jährliche Schnee nicht mehr wegschmilzt, in seinen Körnern vergröſsert erscheint, und sich somit zum Firn umzuwandeln im Stande ist. Sie ist die Linie, welche man im Allgemeinen als Schneelinie bezeichnet, während ihr der Name *Firnlinie* gebührt.

Jene ist die absolute Höhenlinie, von welcher aufsteigend der Schnee ebenfalls nicht wegschmilzt, aber auch in seinem Gefüge unverändert bleibt. Sie dürfte weit bezeichnender *Riesellinie* genannt werden, indem in dem Bereiche dieser Linie der Schnee immer staubförmig, d. h. normal feinkörnig, herabfällt, welche Erscheinung die Aelpler das Rieseln (Saussure *grésil*) nennen.

Da wir nun zwei fixe Linien kennen, so ist es auch leicht die über der Riesellinie liegende sogenannte *Hocheis*- oder schlechtweg *Eis*region und die unterhalb der Firnlinie liegende *Gletscherregion* zu bestimmen.

Wir unterscheiden also jetzt von oben nach unten vier Regionen:

1) die Hocheisregion;
2) die Rieselregion;
3) die Firnregion;
4) die Gletscherregion.

1) Die Hocheisregion.

Diese Region liegt hoch über der Riesellinie und ist wohl zu unterscheiden von der sonst benannten Eisregion, der jetzigen Gletscherregion, welche unter der Firnlinie beginnt und weit in die Thäler hinabreicht. Die Hocheisregion nimmt die höchsten Alpenhörner ein, und das Hocheis bildet sich zwischen den Zacken der Hochkuppen durch reflectirte Sonnenstrahlen und die dadurch veranlafste Wärmeentwicklung und ein oberflächliches Abschmelzen des Hochschnees. Das Hocheis unterscheidet sich von dem Gletschereise dadurch, dafs es:

a) niemals ein körniges Gefüge hat;

b) eine weifse Glasfarbe besitzt, während das Gletschereis blau ist;

c) einen reinen, niemals wie das Gletschereis einen herben, Geschmack besitzt;

d) eine äufserst glatte und glänzende Oberfläche darstellt, während das Gletschereis immer rauh erscheint, welche letztere Erscheinung die Aelpler Gletscherblumen nennen;

e) dafs es sich nicht weiter bewegt, wie das Gletschereis, und niemals, selbst auf Gletschereis gelegt, in dasselbe übergeht.

Dieses Kuppeneis ist dem Bergsteiger sehr gefährlich, weil entweder bei einem gewissen Grade der Steilheit aller frisch gefallene Schnee darüber hinweggleitet, und Stufen eingehauen werden müssen, oder wenn solche Stellen mit frischem Schnee überdeckt sind, der einmal Ausgleitende mit beschleunigter Geschwindigkeit, ohne irgend

einen Halt, herabstürzt. Die Hocheisregion kann nur in diese absolute Höhe fallen, in welcher, trotz der reflectirten Sonnenstrahlen, die mittlere Temperatur nur während dieser momentanen Wärmeerzeugung ausnahmsweise an einzelnen Stellen etwas über Null steigen kann; sonst aber selbst in der wärmsten Jahreszeit 0°,5 R. ist, und wegen der daselbst fortwährend herrschenden Trokkenkeit der Luft, selbst wenn schwere Nebel die Hörner umhüllen, keine Absorption der Schneekörner stattfinden kann.

Am Kasbek fangen die Hocheisfelder an der Südseite erst in einer absoluten Höhe von 2100 Toisen, und an der Nordseite von 2275 Toisen an.

2) Die Rieselregion.

Diese Region erstreckt sich zwar auch oft bis auf die hohen Kuppen, hat aber nach oben, und besonders nach unten bestimmte Gränzen mit folgenden Kennzeichen:

a) Findet nur von der Riesellinie nach aufwärts eine Beweglichkeit des Schnees statt, vermöge welcher derselbe durch Winde in Massen gehoben wird, und so ein abermaliges Rieseln aus sich selbst hervorbringt, welches dem Bergsteiger Gefahr droht.

b) Hört bei der Riesellinie die so überaus starke Reflexion des Sonnenlichtes in dem Grade auf, dafs man doch die unbewaffneten Augen öffnen kann; während sie von derselben Linie nach abwärts in der ganzen Firnregion einen so hohen Grad erlangt, dafs sie den unvorsichtigen Bergsteiger blind macht. Ein jeder aufmerksame Beobachter wird die Erleichterung fühlen, sobald er aus der Firnregion über die Riesellinie geschritten ist, indem nur die Firnkörner das Sonnenlicht in so einem ausgezeichneten Grade zu reflectiren im Stande sind.

c) Zeichnet sich die Rieselregion durch ein etwas dunkleres Kolorit aus, wenn sie auch nicht schmutzig weifs genannt werden kann. Diefs mag wohl entweder

davon herrühren, dafs die Schneekörnchen hier unverändert bleiben, und sich wegen der hier herrschenden Trockenheit durch starke Stürme hergeführter Staub an denselben festsetzt, während sich die Firnkörner durch Vergröfserung davon reinigen; oder ist diese Erscheinung der verminderten Reflexion, und somit einer optischen Täuschung zuzuschreiben, vermöge welcher sich uns ein weniger Lichtstrahlen in's Auge schickender Körper dunkler darstellt?

d) Niemals schneiet es in der Rieselregion flockig, sondern der Schnee fällt immer in Gestalt kleiner Körnchen herab, d. h. es stäubt oder es rieselt der Schnee wie in den Polarländern. Deshalb herrscht auch ein hoher Grad von Trockenheit daselbst, und der Regen kann sich auch nicht in der Regel bis hierher erstrecken, sondern nur in der Firn- und Gletscherregion vorkommen. Aus der Trockenheit der Atmosphäre läfst sich auch die Erscheinung erklären, warum der schwitzende Bergsteiger sogleich trocken wird, wenn er sich auf einen Augenblick in den Schnee setzt. Auch der Durst plagt hier weit mehr, als unten, die Muskelschwäche nimmt zu und eine Beklommenheit bemächtigt sich des ungewohnten Bergsteigers, während der gewohnte zu fühlen anfängt, als befände er sich in einem neuen Elemente. Der verminderte Luftdruck beschleunigt das Athmen, empfindliche Bergsteiger dagegen bekommen Uebelkeiten, Nasen- und Ohrenbluten, so wie Bluten aus der Bindehaut der Augen. Den Durst kann man in dieser Gegend besser löschen, weil der Schnee keinen herben Geschmack hat.

e) Nur in der Rieselgegend kommen klaffende Bergschründe vor, welche dadurch entstehen, dafs sich der tiefer liegende Schnee von dem steilen Kuppenschnee trennt und tiefer gleitet.

f) Das letzte und charakteristische Kennzeichen der Riesellinie ist die Stelle, von der der Schnee nach ab-

wärts allmälig an Gröfse des Kornes zunimmt, nach aufwärts dagegen sich constant bleibt.

Ich habe die Riesellinie am Kasbek auf 1700 Toisen Meereshöhe bestimmt. Um eine allgemeine Mittelzahl herauszufinden, müssen mehrere Beobachtungen der Art festgestellt seyn.

3) Die Firnregion.

Diese Region erstreckt sich von der Stelle, wo das Gletschereis an die Oberfläche tritt bis zu jener nach aufwärts, wo die Schneekörnchen ihre Normalgröfse besitzen; hiermit von dem Ende der Gletscherregion oder Firnlinie bis zur Riesellinie. Man mufs wohl eine *oberflächliche* von der *tiefen Firnlinie* unterscheiden. Die oberflächliche Firnlinie reicht auf eine geringere Meereshöhe herab, während die tiefe Firnlinie auf einer gröfseren Höhe mit der tiefen Gletscherlinie zusammenstöfst. Die oberflächliche Firnlinie ist der Anfang der oberflächlichen Gletscherlinie. In diesem Falle darf man auch nicht den Ausdruck tiefe Gletscherlinie mit dem der niederen Gletscherregion verwechseln, welche letztere durch das immerwährende Nachrücken des Eises bis in die Thalgründe herabreicht, wo der Schnee längst nicht mehr selbstständig zu bestehen vermag.

Die Trennung der Firnregion von der Gletscherregion, behaupten M e r i a n und A g a s s i z, sey keine scharfe, da die erstere in einer gewissen Tiefe ebenfalls aus Gletschereis besteht. Allein nach den eben gemachten Unterschieden erscheint diese Behauptung widerlegt. Es bleibt nur noch übrig zu beweisen, ob die oberflächliche oder tiefe Firnlinie als die wahre, oder das Mittel zwischen beiden als Firnlinie anzusehen sey?

Die tiefe Firnlinie ist schwieriger zu bestimmen, weil sie nicht in die Augen fällt und von der verticalen Macht des Firnes abhängt. Sie wird an derjenigen Stelle unter

der Firnmasse zu suchen seyn, wo man in der gröfstmöglichsten verticalen Tiefe auf Gletschereis stöfst. In den Schweizer-Alpen fand man auf einer Meereshöhe von 1666 bis 2000 Toisen in einer verticalen Tiefe von 12 bis 18 Fufs Gletschereis; dagegen auf einer Meereshöhe von 1400 bis 1660 Toisen in einer verticalen Tiefe von 4 bis 10 Fufs schon den Gletscher. In einer absoluten Höhe von 1334 Toisen erschien schon der Gletscher an der Oberfläche, und der Firn hörte auf. Die oberflächliche oder eigentliche Firnlinie ist in ihrer absoluten Höhe viel bestimmter, weil hier das mächtig modificirende Element, der erwärmende Einflufs des Bodens, gänzlich wegfällt, indem die Unterlage das Gletschereis bildet. Ich habe am Kasbek in einer absoluten Höhe von 2075 Toisen schon reine Bergschründe, in einer Höhe von 1900 Toisen auf 15 engl. Fufs Tiefe Gletschereis und in einer Meereshöhe von 1590 Toisen das Hervortreten des Gletschereises gefunden. Somit ist die Firnlinie am Kasbek um 256 Toisen höher, als die in dem Berner Oberlande, wo sie Hugi auf 1334 Toisen, dagegen in den Penninischen Alpen auf 1350 Toisen schätzt.

Die Firnregion ist durch folgende Kennzeichen charakterisirt:

a) Stöfst man um die Firnlinie herum sogleich auf Eis.

b) Nimmt die weifse Farbe der oberen Firnregion nach unten an bläulicher Färbung zu.

c) Fangen sich um die Firnlinie die Firnkörner an einzukeilen.

d) Werden die Firnkörner, von der Riesellinie an, immer gröfser, und endlich gegen die Firnlinie, statt rund, mehr flächig.

e) Wenn die Temperatur unter Null steht, so ist der Firn hart und resistent bis zur Riesellinie; steigt dagegen dieselbe über Null, so lockern sich die Firnkörner auf, und der Wanderer sinkt ein.

f) Fällt unter und um die Firnlinie im Winter, und

in der Firnregion während des Sommers die gröfste Schneemenge.

g) Reflectirt der Firn das Licht in einem bei weitem stärkeren Grade, als der Gletscher- oder Hochschnee.

h) Erstrecken sich die Schründe im Firne bis auf den Grund, und erweitern sich nach unten.

i) Wird im Sommer um die Firnlinie erst das Wasser frei, und von da stammen die Quellen; während das in der höheren Firnregion entstandene Wasser sogleich von den Firnkörnern absorbirt wird. Die hohen Firnfelder werden daher nicht vom Wasser unterhöhlt.

k) Herrscht um die Firnlinie ein gröfserer Grad von Feuchtigkeit, als in der hohen Firnregion; dagegen ein geringerer gegen die Mitte der Gletscherregion, und wieder zum höchsten Grade zunehmend gegen das untere Ende der Gletscher.

l) Nehmen die Firnkörner von oben nach der Tiefe und gegen die Firnlinie am herben Geschmack zu [1]).

4) Die Gletscherregion.

Diese Region fängt bei der Firnlinie an, und reicht auf eine sehr schwankende, von der Wärme und dem Schnee-

1) Eben so ist auch das Gletschereis und das unmittelbar aus demselben entstandene Wasser von Geschmack herb und zusammenziehend, und vermehrt, genossen, den Durst. Lampadius fand im alten Firne salzsauren Kalk. Ein jeder aufmerksame Beobachter findet über einer Höhe von 1500 Toisen, besonders aber in der Nähe der Gletscher, ein ganz eigenthümliches Verhältnifs des atmosphärischen Wirkens, und auch hieher verwehte Insecten geben diefs zu erkennen, indem sie sich ganz behaglich auf das Gletschereis oder den Firn hinsetzen. Saussure, Pictet, Senebier und Volta fanden schon unter 2000 Toisen Höhe in der Atmosphäre *mehr Stickgas*, als es in der Tiefe der Fall ist; während Humboldt im Salzburgischen in hoher Atmosphäre *weniger Sauerstoff* fand, als über der Erde hin. Das Zusammenziehende des Geschmacks und die Thatsache, dafs in Gletschereis eingeschlossener Stahl nicht rostet, sprechen für die avide Absorption des Sauerstoffs aus der Atmosphäre vom Gletschereise.

Schneereichthum der Jahreszeiten abhängige Höhe herab. Der Desdaroki-Gletscher erstreckt sich bis auf 989 Toisen, der Ziklurgi-Gletscher auf 1490 T., der Tschchari-Gletscher auf 1460 Toisen, der erste und dritte Nino-Gletscher auf 1500 Toisen, der zweite Nino-Gletscher auf 1400 Toisen herab.

Viele Gletscher reichen in den Schweizer-Alpen bis auf 500, ja sogar 498 Toisen herab.

Die Kuppenlawine des Kasbek.

Der Gipfel des Kasbek unterliegt jährlichen Veränderungen, indem ihm die Anhäufung des Kuppenschnees eine verschiedene Gestalt verleiht; allemal ist er aber zweispitzig. Die zwei Hörner, von denen das östliche etwas, oft aber stark nach Südost geneigt, höher und schmäler erscheint, als das westliche, sind abgerundet. Die Ursache der Neigung des östlichen Hornes liegt in der gegen Südost durch reflectirte Sonnenstrahlen erzeugten Wärme, häufigeren Hocheis-Bildung, und daher rührenden Senkung, so wie in den durch die grofse Schroffheit unterhalb der Kuppe bedingten Senkungen und Bergschründen. Die Neigung der östlichen Kuppe erreicht endlich den stärksten Grad, und stürzt bei Sturmwind als Kuppenlawine in das westliche Ende des Riesengrundes. Der Sturz der Kuppenlawine erfolgt gewöhnlich das zweite Jahr. Die Osseten sagen: »der Urs-kogh hat seine Kappe abgehoben.« Hierauf erscheint das östliche Horn abgeflacht und weniger hoch.

VII. *Ueber die Zunahme der Temperatur in den Gruben der tertiären Salzablagerungen von Wieliczka und Bochnia;*
von L. Zeuschner in Krakau.

Dafs die Wärme mit Hinabsteigen in die Tiefen der Erde wächst, ist auf eine unzweideutige Weise bewiesen, aber das Verhältnifs, in welchem sie wächst, hat sich an verschiedenen Punkten verschieden gezeigt. Die hauptsächliche Ursache davon ist, dafs die Beobachtungen von äufseren Zufälligkeiten abhängig sind, die wesentlich die Temperatur der Felsarten verändern. Wenn solche Beobachtungen in Bergwerken angestellt werden, so zeigen gewöhnlich diejenigen eine niedrigere Temperatur, die seit längerer Zeit geöffnet, und durch Schächte, die Luftzug gewähren, abgekühlt sind. Entgegengesetzte Wirkungen bringen hervor: Nähe von Arbeitern, Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung der Gebirgsarten, Nähe thätiger Vulcane etc. Wenn sich also Gelegenheit darbietet Gruben zu untersuchen, wo sich dergleichen Beobachtungen genauer ausführen lassen, ist es immer interessant zu erforschen, in welchem Maafse die Temperatur mit der Tiefe zunimmt. Die beiden Salzgruben von Wieliczka und von Bochnia, deren Alter bis in das dreizehnte Jahrhundert hinaufreicht, eignen sich vorzüglich zu solchen Beobachtungen, indem sie bedeutend tief und sehr ausgedehnt sind, auch viele Orte enthalten, wo seit mehren Jahren keine bergmännische Arbeiten betrieben werden. Die beiden Gruben sind angelegt in Salzflötzen von gleicher Beschaffenheit und geologischem Alter, und gehören mitteltertiären Sedimenten an. Sie bestehen hauptsächlich aus abwechselnden Schichten von Steinsalz, Thon, der in Sandstein übergeht, Anhydrit und Gyps.

Das Salz, und besonders die Thone, enthalten stellenweise sehr viele Schaalen von Meeresthieren, wie auch Ueberreste von Vegetabilien, wie Coniferen-Zapfen und andere Früchte.

Wieliczka und Bochnia haben fast gleiche Höhe über dem Meeresspiegel; das erste Bergwerk liegt 712 und das zweite 645 Par. Fuſs hoch; beide sind mit kleinen Hügeln umgeben. Sie liegen in der Nähe von Krakau; Wieliczka fast gegenüber der Sternwarte, Bochnia beiläufig 4 Meilen entfernt, also unter einer Breite von 50° 3′ und 37° 37′ Länge von Ferro.

Ausführung der Beobachtungen.

Um die Beobachtungen mit möglichster Genauigkeit auszuführen, lieſs ich bei Greiner in Berlin drei sehr empfindliche Quecksilberthermometer mit langen Röhren anfertigen. Nachdem die Instrumente unter einander verglichen und von ganz gleichem Gange gefunden worden, wurde eins derselben von Hrn. Encke mit dem Berliner, und von Hrn. Prarmowski mit dem Warschauer Normalthermometer verglichen, und die Differenzen corrigirt [1]).

Die Wahl von geeigneten Punkten zu den beabsichtigten Beobachtungen war mit vielen Schwierigkeiten verbunden; viel leichter war es, sie in Bochnia, wie in Wieliczka aufzufinden. Obgleich diese Salzgruben fast in gleicher Zeit aufgeschlossen worden, so ist die erste viel weniger abgekühlt wie die zweite. Die Ursache liegt darin, daſs Wieliczka viel mehr Schächte hat, die auſserordentlich den Luftzug befördern, und somit die Abkühlung der Grube bewirken. In Bochnia, besonders in tieferen Strecken, kann man den Luftzug nicht verspüren, und darum ist diese Grube viel wärmer. Zu den

1) Das Nähere findet sich im Aufsatz: Ueber die Temperatur der Quellen des Tatragebirges, der in einem der nächsten Hefte dieser Annalen erscheinen wird.

Beobachtungen wurden solche Punkte gewählt, wo die Arbeiten seit mehreren Jahren verlassen worden, und wo es vollkommen trocken war. In die Sohle von Strecken, die wo möglich an den entgegengesetzten Enden der Grube liegen, wurden Löcher, 10 bis 12 Zoll tief und $1\frac{1}{2}$ Zoll weit, in einer Entfernung von 3 Fuſs von der Wand der Strecke gebohrt. In solche Löcher wurden die Thermometer gesteckt und mit trocknem Sand umschüttet, der 24 Stunden vor der Beobachtung früher hingebracht worden: so blieb das Instrument 1 bis 2 Stunden stecken, bis die Beobachtung gemacht wurde.

Die Ausführung dieser Messungen verdanke ich besonders der Beihülfe des Hrn. Grafen v. Blagay, Directors der Saline von Wieliczka, so wie auch der der HH. Bergräthe Pachman in Wieliczka und Freiseisen in Bochnia, die mit ihrer ausgedehnten Kenntniſs der Localität der Gruben unendlich viel zur Ausführung dieser Arbeit beitrugen.

I. Beobachtungen in der Grube von Wieliczka.

Um sichere Resultate zu erhalten, wurden die Beobachtungen fünf Mal in verschiedenen Monaten und Jahren wiederholt; ich fing sie am 10., 11., 12. Januar 1839 an, wiederholte sie am 19., 20., 21 Juni desselben Jahres, dann am 18., 19., 20. Februar und 13., 14. August 1840 und am 5. April 1841. Von fünf beobachteten Punkten zeigten drei eine raschere Zunahme der Temperatur, zwei andere nur eine sehr unbedeutende, was wohl die Nähe der durchziehenden Luft verursacht hat.

Folgende Beobachtungen sind in den drei ersten Punkten ausgeführt:

1) Strecke, genannt *Woyciech*, im Spiza-Salze, 192 Par. Fuſs vom Franz-Schacht, der 710 Par. Fuſs über dem Spiegel des Meeres liegt, an einem Ort, der 518 Fuſs über dem Meere liegt [1]). Es wurde zwei Mal beobachtet, und zwar am:

1) Diese Angaben stammen von Hrn. Markscheider Hrdina.

11. Januar 1839	+ 10°,81 C.
19. Juni -	+ 10 ,79 -
Mittel	+ 10°,81 C.

2) Strecke *Kunigunda Meridies*, früher *Klenczki* genannt, 281 P. F. tief, oder 429 P. F. über dem Meere, im grauen Salzthon, wurde vier Mal wiederholt beobachtet; die Zahlen stimmen vollkommen unter einander:

11. Januar 1839	+ 11°,54 C.
22. Juni -	+ 11 ,39 -
18. Februar 1840	+ 11 ,54 -
14. August -	+ 11 ,74 -
Mittel also	+ 11°,55 C.

3) Strecke *Neubau-Seeling*, im grauen Salzthon, 628 P. F. tief, oder 82 P. F. über dem Meere. Fünf Beobachtungen zeigten eine fast gleiche Temperatur, nämlich:

12. Januar 1839	+ 13°,46 C.
22. Juni -	+ 13 ,08 -
19. Februar 1840	+ 13 ,01 -
14. August -	+ 13 ,36 -
5. April 1841	+ 13 ,36 -
Mittel also	+ 13°,25 C.

Die Temperatur wächst also an den drei Punkten in folgender Weise:

518 P. F. über dem Meere	+ 10°,81
429 - - - - - -	+ 11 ,55
82 - - - - - -	+ 13 ,25.

Vergleicht man nun den ersten Punkt mit dem zweiten, so ergiebt sich, dafs bei einem Tiefen-Unterschiede von 89 P. F. die Temperatur um + 0°,74 gestiegen ist. Damit die Temperatur um einen Grad C. wachse, ist hier eine Tiefezunahme von 133 P. F. erforderlich.

Aus dem Vergleiche der ersten Beobachtung mit der dritten ergiebt sich, dafs durch eine Tiefezunahme von 436 P. F. die Temperatur um 2°,44 C. gestiegen ist; also um einen Grad zu wachsen, ist eine Tiefe von 192 P. F. erforderlich.

Wird die zweite Beobachtung mit der dritten verglichen, so zeigt sich, dafs die Temperatur sich durch einen Tiefenzuwachs von 347 P. F. um + 1°,70 C. vergröfsert hat, oder dafs 173 P. F. auf einen Grad kommen. Das Mittel aus diesen Zahlen beträgt 173 P. F. auf einen Grad C.

Fast ähnliche, oder denen sich nähernde Zahlen erhält man aus dem Vergleiche der drei genannten Punkte mit der Temperatur der Quelle *Glinnik*, welche bei Wieliczka aus tertiärem Sandstein hervorkommt, und eine sehr wenig veränderliche Wärme hat, wovon ich mich durch mehrjährige Beobachtungen überzeugt habe. Sie kommt hervor in einer Höhe von 650 P. F. über dem Meere, und hat eine mittlere Temperatur von + 10°,0 C. Vergleicht man sie mit der der Strecke Woyciech, Kunigunda Meridies und Neubau-Seeling, so beträgt für einen Grad C. Temperaturanwuchs die Tiefenzunahme respective

162 ; 142 ; 171 P. F.

Das Mittel hieraus giebt 158 P. F. für einen Grad C.

Die beiden gefundenen Mittel sind ziemlich gleich, und zeigen, dafs die Temperatur in der Grube von Wieliczka zwischen 160 und 170 P. F. um einen Grad C. wächst.

Die zwei letzten Punkte zeigen eine sehr unbedeutende Wärmezunahme, ohne Zweifel weil Umstände eine Abkühlung hervorgebracht haben; diefs beweist eine Reihe von stehenden Wässern, die in der Grube gemessen wurden; sie ergaben eine niedrigere Temperatur, als die der Quelle Glinnik.

Beobachtungen, die keine Resultate liefern, sind ausgeführt in den Strecken *Quartier Joseph* und *Tiefster Regis*.

α) Strecke *Quartier Joseph*, 173 P. F. tief, oder 539 über dem Meere, zeigte vier Mal eine gleiche Temperatur:

11. Januar 1839	+ 11°,0 C.
20. Juni -	+ 11 ,0 -

18. Februar 1840 11°,3 C.
13. August - 11 ,02 -

β) Strecke *Tiefster Regis*, 731 P. F. tief, oder 21 P. F. unter dem Spiegel des Meeres, hatte eine etwas höhere Temperatur gezeigt, drei Mal gemessen:

11. Januar 1839 +11°,65 C.
20. Juni - +11 ,75 -
19. Februar 1840 +11 ,40 -

In der Wieliczkaer Grube sind viele stehende Wässer, die mehr oder weniger durch obertägische Wässer genährt werden, und eine auffallend niedrige Temperatur zeigen. Folgende wurden gemessen:

1) Das stehende Wasser, *Sucha Woda* genannt, 218 P. F. tief, oder 404 P. F. über dem Meere.

11. August 1839 +6°,85 C.

2) Das stehende Wasser in der Kammer Sielez, 227 P. F. tief, oder 485 P. F. über dem Meere:

20. Juni 1839 +7°,0 C.
5. April 1841 +6 ,6 -

3) Stehendes Wasser in der Kammer *Nadachow*, Strecke *Kaszta*, 352 P. F. tief, oder 360 P. F. über dem Meere:

20. Juni 1839 +9°,0 C.

4) Stehendes Wasser in der Kammer Nadachow in Strecke des Spizasalzes, 552 P. F. tief, oder 190 P. F. über dem Meere:

11. Januar 1839 +8°,90 C.

5) Stehendes Wasser in der Kammer Nadachow, in der Strecke des szybiker Salzes, 632 P. F. tief, oder 80 P. F. über dem Meere:

11. Januar 1839 +9°,05 C.

6) Stehendes Wasser der Kammer Nadachow, in der tiefster Strecke, 733 P. F. tief, oder 23 unter dem Meeresspiegel, zwei Mal gemessen zeigte eine fast gleiche Temperatur:

12. Januar 1839 +9°,30 C.
20. Juni - +9 ,10 -

7) Der Schacht, genannt *Wodna Gora*, bestimmt zum Ansammeln aller Gewässer der Grube, woraus sie zu Tage gefördert werden. Es ist der tiefste Punkt in der Grube, nämlich 763° P. F. tief, oder 51 unter dem Spiegel des Meeres. Zwei Messungen gaben eine fast gleiche Temperatur:

19 Juni 1839	+ 9°,90 C.
14. August 1840	+ 10 ,00 -

II. Beobachtungen in der Grube von Bochnia.

Auf ähnliche Weise, mit denselben Thermometern, wurden in dieser Grube Beobachtungen angestellt. Die Löcher wurden durchgehends im grauen Salzthon gebohrt, der stellenweis mit Anhydrit durchwachsen ist. Die Beobachtungen wurden an fünf verschiedenen Punkten zwei Mal im Jahre 1843 angestellt, nämlich am 9. bis 10. März und am 31. Juli; sie zeigten sich vollkommen ähnlich.

1) Strecke *Schiller*, 388 P. F. unter dem Niveau des Meeres [1]), zeigte am:

10. März 1843	+ 12°,36 C.

2) Strecke *Stanetti*, 68° über dem Meere:

10. März 1843	+ 16°,20 C.

3) Strecke *Podmoscie*, 204 P. F. tief unter dem Spiegel des Meeres, zwei Mal gemessen, zeigte eine fast gleiche Temperatur:

10. März 1843	+ 18°,69 C.
31. Juli -	+ 18 ,74 -
Mittel	+ 18°,71 C.

4) Strecke *Lill*, 314 P. F. unter dem Meere, zeigte ebenfalls zwei Mal fast gleiche Wärme:

10. März 1843	+ 19°,10 C.
31. Juli -	+ 18 ,95 -
Mittel	+ 19°,02 C.

5) Strecke *Grubenthal*, 388 P. F. unter dem Meere, zeigte zwei Mal ganz entsprechende Zahlen:

1) Die Höhenunterschiede sind von mir mit dem Barometer bestimmt.

9. März 1843	+ 19°,56 C.
31. Juli -	+ 19 ,56 -

Die Zunahme der Temperatur in der Bochniaer Grube beträgt also:

über dem Meeresspiegel für 388 P. F.	+ 12°,36 C.
- - - - - 68 - -	+ 16 ,20 -
unter dem Meeresspiegel für 204 P. F.	+ 18 ,71 -
- - - - - 314 - -	+ 19 ,04 -
- - - - - 388 - -	+ 19 ,56 -

Vergleicht man die Temperatur der obersten Strecke *Schiller* mit der zu unterst liegenden, so ergiebt sich, dafs die Temperatur um einen Grad C. wächst in folgender Weise:

Schiller mit Stanetti für	93 P. F.
- - Podmoscie für	93 - -
- - Lill für	104 - -
- - Grubenthal für	107 - -
Das Mittel beträgt	99 P. F.

Vergleicht man die Temperatur der genannten Quelle von Wieliczka *Glinnik* mit den Beobachtungen von Bochnia, so erhält man nahe übereinstimmende Zahlen. Die Tiefenzunahme für 1° C. beträgt beim Vergleiche von:

Glinnik mit Schiller	111 P. F.
- - Stanetti	92 - -
- - Podmoscie	103 - -
- - Lill	101 - -
- - Grubenthal	108 - -
Das Mittel davon beträgt	105 P. F.

Aus den Beobachtungen der Bochniaer Grube zeigt sich, dafs die Wärme in der oberen Abtheilung weit geschwinder zunimmt, als in der unteren, nämlich in den Strecken Lill und Grubenthal. Im Allgemeinen wächst sie viel schneller, wie in Wieliczka. Die hauptsächlichste Ursache davon ist, dafs Wieliczka eine sehr bedeutende Anzahl von Schächten hat, von denen viele geöffnet, an-

dere zwar zum Theil verschüttet sind, aber doch den Luftzug wohl befördern, und dafs in den unteren Abtheilungen viele Grubenschächte vorhanden sind, von denen sich in Bochnia nur eine kleine Anzahl befindet.

VIII. *Ueber die Zeiten des Aufthauens und Zufrierens einiger nordischen Gewässer; von G. G. Hällström.*

Veranlafst durch die früher in diesen Annalen mitgetheilte Tafel über das Auf- und Zugehen der Newa [1]) hat der seitdem der Wissenschaft durch den Tod entrissene Prof. Hällström zu Helsingfors diesem Gegenstand seine Aufmerksamkeit zugewendet, und in drei verschiedenen Aufsätzen mehre bis dahin nicht allgemein bekannte Beobachtungsreihen über die Zeiten des Aufthauens und Zufrierens nordischer Gewässer, begleitet mit daran geknüpften Rechnungen, veröffentlicht [2]).

Da die Beobachtungen, namentlich in einer Zusammenstellung, mehrseitiges Interesse darbieten, so haben wir sie hier sämmtlich in zwei Tafeln vereint, von denen die eine die Zeiten des Aufthauens, die andere die des Zufrierens enthält. Der Beobachtungsorte sind im Gan-

1) Annalen, Bd. 43, S. 426, erweitert, und in anderer Form auch in Bd. 52, S. 638. *P.*

2) *Specimina mutati currente saeculo temporis, quo glacies fluminum annuae dissolutae sunt* (1839 — *Acta Societatis scientiarum fennicae, T. I, p.* 129); — *De tempore regelationis et congelationis aquarum fluminis Kyro* (1841 — *Ibid. p.* 387); — *Calculus observationum, quibus tempora regelationis et congelationis aquarum fluminis Dwinae determinantur* (1841 — *Bullet. scientifiq. de l'acad. de St. Petersb. T. VIII, p.* 289).

zen sieben; einer in Schweden (Westerås (Arosia) am Mälarsee), vier in Finnland (Borgo, Åbo, Storkyro und Wöro), und zwei in Rufsland (St. Petersburg und Archangel), welche sich über einen Raum von 59° 37′ bis 64° 32′ N. in Breite und von 14° 12′ bis 38° 13′ Ost von Paris in Länge erstrecken.

Der besseren Uebersicht, und namentlich des leichteren Vergleiches wegen, sind die Zeiten des Aufgehens sämmtlich als *Apriltage*, und die des Zugehens sämmtlich als *Novembertage* ausgedrückt. Demgemäfs ist z. B. der 31. März als — 1. Apr., der 1. Mai als + 31. Apr., der 1. Juni als +62. Apr. genommen; eben so der 31. Oct. als — 1. Nov. und der 1. Dec. als +31. Nov. Einer weiteren Erläuterung werden die Tafeln nicht bedürfen.

I. Zeiten des Aufthauens.

(Apriltage nach neuem Kalender.)

Jahr.	Mälarsee bei Westerås 59° 37′ N. 14° 12′ O. P.	Newa bei St. Petersburg 59° 57′ N. 27° 58′ O. P.	Flufs bei Borgo 60° 24′ N. 23° 24′ O. P.	Aurajoki-Flufs b. Åbo. 60° 27′ N. 19° 57′ O. P.	Kyro-Flufs bei Storkyro 63° N. 19° 48′ O. P.	Flufs bei Wöro 63° 9′ N. 19° 40′ O. P.	Dwina bei Archangel 64° 32′ N. 38° 13′ O. P.
1712	28						
13	20						
14	23						
15	9						
16	20						
17	37						
18	21						
19	8	30					
1720	11	22					
21	29	21					
22	24	27					
23	— 3	2					
24	+22	16					
25	— 2	23					
26	+12	17					
27	17	25					
28	13	7					
29	21	17					
1730	18	23					

Jahr.	Mälarsee bei Westerås 59° 37′ N. 14° 12′ O. P.	Newa bei St. Petersburg 59° 57′ N. 27° 58′ O. P.	Fluſs bei Borgo 60° 24′ N. 23° 24′ O. P.	Aurajoki-Fluſs b. Åbo. 60° 27′ N. 19° 57′ O. P.	Kyro-Fluſs bei Storkyro 63° N. 19° 48′ O. P.	Fluſs bei Wöro 63° 9′ N. 19° 40′ O. P.	Dwina bei Archangel 64° 32′ N. 38° 13′ O. P.
1731	19	35					
32	24	15					
33	− 9	25					
34	+13	26					42
35	7	6					47
36	21	23					45
37	25	22					50
38	8	22					44
39	29	37			44 !		49
1740	40	35		38 !	39		49
41	27	30		30			40
42	30	37		31	33		42
43	10	10		24			40
44	27	16		13	20		38
45	38	21		22	30		40
46	40	25		24	31		54
47	35	36		26	31		56
48	36	25		28	28		53
49	39	35		31	36		52
1750	−18	5		− 6	2 !		22
51	+20	6		+11	14		31
52	24	17		17	17		36
53	17	17		12	18		34
54	33	18		17	21		25
55	19	14		15	14		40
56	17	13		16	34		36
57	18	8		11	14		25
58	35	20		22	26		50
59	7	20		25	26		46
1760	33	32		31	32		55
61	15	15		12	14		42
62	26	13		17	24		43
63	37	34		30	38		23
64	14	12		7	20		21
65	30	9		10	24		38
66	26	19			20		51
67	37	12			37		49
68	32	26		25	31		50
69	15	17		15	20		52
1770	27	17			25		20
71	26	30	33	32	35		24
72	23	18	22	15	26		36
73	13	16	14	12	12		30
74	26	21	21	17	25		34
75	23	22	27	26	29		48
76	30	25	26	24	34		47
77	27	30	31	25	29		42

Jahr.	Mälarsee bei Westerås 59° 37′ N. 14° 12′ O. P.	Newa bei St. Petersburg 59° 57′ N. 27° 58′ O. P.	Fluſs bei Borgo 60° 24′ N. 23° 24′ O. P.	Aurajoki-Fluſs bei Åbo 60° 27′ N. 19° 57′ O. P.	Kyro-Fluſs bei Storkyro 63° N. 19° 48′ O. P.	Fluſs bei Wöro 63° 9′ N. 19° 40′ O. P.	Dwina bei Archangel 64° 32′ N. 38° 13′ O. P.
1778	25	19	18	20	23		34
79	−15	11	4	− 5	3		40
1780	+39	21	32		41		38
81	25	25	21		26		46
82	31	18	22		20		51
83	28	25	20		19		43
84	47 !	25	27	+19	28		41
85	40	33	34	25	27		49
86	44	22	23		23		44
87	19	24	19		31		41
88	41	20	24		23		39
89	43	30	30		30		46
1790	−12	32	27		30		54
91	+12	21	18		24		45
92	25	11	9		9		46
93	31	20	24		27		39
94		11	9		15		49
95		20	20		26		42
96		22	27		28		45
97		15	15		16		53
98		19	19		25		41
99		19	25		24		38
1800		24	23	21	23	20	53
01		17	17	12	23	14	43
02		5	5	5	22	7	33
03		10	10	6	10	6 !	36
04		26	28	26	29	26	45
05		21	21	12	26	15	52
06		26	32	25	33	24	36
07		40	36	30	37	29	48
08		25	34	25	38	36	40
09		28	32	27	37	35	42
1810		42 !	39 !	28	41	43 !	57
11		24	28	18		29	41
12		27	35	31	35	28	48
13		12	17	8	12	8	35
14		18	18	14		9	68 !
15		24	24	12	31	20	53
16		23	25	19	27	22	45
17		23	29	22	5	32	43
18		29	38	28	41	40	49
19		21	28	16	31	29	57
1820		17	23	16		19	36
21		26	25	20	25	19	42
22		−14	−12	−25		15	26
23		+ 8	+28	+22		30	44
24		15	20	10	24	11	51

Jahr.	Mälarsee bei Westerås 59° 37′ N. 14° 12′ O. P.	Newa bei St. Petersburg 59° 57′ N. 27° 58′ O. P.	Fluſs bei Borgo 60° 24′ N. 23° 24′ O. P.	Aurajoki-Fluſs bei Åbo 60° 27′ N. 19° 57′ O. P.	Kyro-Fluſs bei Storkyro 63° N. 19° 48′ O. P.	Fluſs bei Wöro 63° 9′ N. 19° 40′ O. P.	Dwina bei Archangel 64° 32′ N. 38° 13′ O. P.
1825		18	26	16	26		49
26		4	21	10			40
27		13	13	11	14		27
28		23	23	18			39
29		33	34	30	32		44
1830		20	25	21	25		50
31		16	18	16	22		42
32		16	10		11		41
33		25	25	18	27		45
34		12	18	6	17		45
35		28	27	11	30		39
36		3	9	8	15		20
37			24	18	23		48
38		27 [1])	25	24	29		38
39		31	35	32	34		44
1840		22			19		

II. Zeiten des Zufrierens.

(Novembertage nach neuem Kalender)

Jahr.	Newa bei St. Petersburg 59° 57′ N. 27° 58′ O. P.	Dwina bei Archangel 64° 32′ N. 38° 10′ O. P.	Kyro-Fluſs bei Storkyro 63° N. 19° 48′ O. P.	Jahr.	Newa bei St. Petersburg 59° 57′ N. 27° 58′ O. P.	Dwina bei Archangel 64° 32′ N. 38° 10′ O. P.	Kyro-Fluſs bei Storkyro 63° N. 19° 48′ O. P.
1718	22			1736	18	+ 7	
19	41			37	20	− 4	
1720	18			38	20	+18	
21	31			39	3	− 6	
22	39			1740	25	−13	
23	27			41	25	+ 9	
24	28			42	32	+ 9	
25	39			43	31	− 3	
26	35			44	27	− 4	
27	41			45	7	− 5	
28	27			46	19	+ 2	
29	41			47	19	+ 7	
1730	20			48	14	+ 8	
31	30			49	31	−10	
32	38			1750	2	− 2	
33	34			51	18	+ 4	
34	12	− 2		52	27	+ 4	
35	17	− 9		53	37	+ 1	

1) Die Angaben für die drei letzten Jahre sind aus der Tafel von Kupffer (Annal., Bd. 52, S. 638) genommen.

Jahr.	Newa bei St. Petersburg 59° 57′ N, 27° 58′ O. P.	Dwina bei Archangel 64° 32′ N. 38° 13′ O. P.	Kyro-Fluſs bei Storkyro 63° N. 19° 48′ O. P.
1754	27	+13	
55	35	+13	
56	23	—12	
57	31	—11	
58	15	—11	
59	20	— 2	
1760	29	—16	
61	26	— 4	
62	31	—10	
63	19	— 8	
64	35	+16	
65	35	19	
66	34	22	
67	34	24	
68	42	— 4	
69	— 1	—12	
1770	+22	+19	
71	23	19	
72	53	38	
73	19	10	
74	7	4	
75	10	10	
76	12	8	
77	26	—11	
78	13	—14	
79	32	+12	
1780	21	13	
81	22	25	
82	22	15	
83	17	7	
84	35	21	
85	38	4	
86	5	— 4	
87	25	+12	
88	26	—10	
89	25	+19	
1790	25	8	
91	36	— 4	
92	22	— 4	
93	31	+ 8	
94	45	16	
95	41	—12	
96	25	+ 9	
97	22	3	
1798	25	—13	
99	34	+ 1	
1800	23	11	
01	50	7	
02	8	4	
03	17	1	
04	8	1	
05	— 3	—10	
06	+10	— 6	
07	36	— 3	
08	29	+12	
09	14	4	
1810	15	—10	
11	— 1	—11	
12	+10	+ 5	
13	4	27	
14	38	24	
15	32	5	
16	20	— 2	
17	21	12	
18	27	+ 1	
19	8	— 2	
1820	14	+13	
21	35	9	
22	51	3	
23	19	9	
24	48	4	
25	33	— 6	
26	55	— 7	
27	46	—13	
28	18	+10	
29	16	1	
1830	31	26	
31	27	9	+17
32	13	10	21
33	32	20	27
34	17	8	1
35	12	2	3
36		21	20
37	40 [1]	20	16
38	21	17	17
39	11	6	15
1840			12

1) Die Angaben für die letzten Jahre sind aus der erwähnten Tafel von **Kupffer** genommen.

Prof. Hällström hat sich die Mühe gegeben, die vorstehenden Beobachtungen (mit Ausnahme der von Wöro in der ersten, und der von Storkyro in der zweiten Tafel) nach der Methode der kleinsten Quadrate zu berechnen, um die säcularen Aenderungen in dem Phänomen des Aufthauens und Zufrierens der Gewässer aufzufinden. Obgleich die Anwendbarkeit der strengen Rechnung auf ein so vielen Zufälligkeiten unterworfenes und in manchen Jahren so schwer einer genauen Feststellung fähiges Phänomen sich einigermafsen bezweifeln läfst [1]), so können wir uns doch nicht versagen hier wenigstens die Gleichungen mitzutheilen, durch welche der Verfasser den Tag x des Phänomens in Function der Jahreszahl z ausdrückt.

Den Anfang der Rechnung auf das Jahr 1840 verlegend, findet er:

1) Zeit des Aufthauens.

Für Westerås	$x=34{,}52+0{,}1376(z-1840)$	April
- St. Petersburg	$x=20{,}95+0{,}0222(z-1840)$	-
- Borgo	$x=22{,}95+0{,}0028(z-1840)$	-
- Åbo	$x=17{,}25-0{,}0334(z-1840)$	-
- Storkyro	$x=24{,}68-0{,}0103(z-1840)$	-
- Archangel	$x=13{,}2+0{,}0166(z-1840)$	Mai

2) Zeit des Zufrierens.

Für St. Petersburg	$x=26{,}5-0{,}021(z-1717)$	November
- Archangel	$x=7{,}6+0{,}0575(z-1840)$	-

Durch diese Rechnung ist der Verf. unter anderem zu dem Resultat gelangt, dafs das Klima sich für *Archangel* ein wenig gebessert, und für *Petersburg* ein wenig verschlechtert hat. Er findet nämlich:

Ar-

1) Man vergleiche nur unter anderen die Bemerkungen zu der Tafel von Kupffer (Annalen, Bd. 52, S. 638).

	Mittlere Zeit des Aufthauens.	Mittlere Zeit des Zufrierens.	Also Länge des Sommers.
Archangel i. J. 1740	11,6 Mai	1,9 Nov.	174 Tage
- - i. J. 1840	13,2 -	7,6 -	178 -
St. Petersburg i. J. 1740	18,7 April	26 Nov.	221 Tage
- - - i. J. 1840	21 -	24 -	217 -
Storkyro i. J. 1840	24 April	15. Nov.	205 Tage

Ferner findet er in der Zeit des Aufthauens:
für *Borgo* keine seculäre Abänderung,
- *Åbo* eine seculäre Verbesserung von 3,31±0,27 Tagen,
- *Westerås* eine secul. Verspätung v. 13,76±0,45 Tagen.

Letzteres Resultat stimmt, wie er sagt, mit dem von Ehrenhein (*Tal om Climaternas rörlighet*, *Stockh.* 1824, *p.* 87), der diese Verspätung im Jahrhundert auf 15 Tage anschlägt.

Rein den vorstehenden Beobachtungen nach erfolgte das:

	Aufthauen am frühesten.	Aufthauen am spätesten.	Zufrieren am frühesten.	Zufrieren am spätesten.
Westerås	14 März 1750	17 Mai 1784		
Borgo	18 März 1822	9 Mai 1810		
Åbo	7 März 1822	8 Mai 1740		
Storkyro	2 Apr. 1750	14 Mai 1739		
Wöro	6 Apr. 1803	13 Mai 1810		
St. Petersburg	18 März 1822	12 Mai 1810	28 Oct. 1805	25 Dec. 1826
Archangel	20 Apr. 1770, 1836	7 Juni 1814	16 Oct. 1760	8 Dec. 1772

IX. *Erwiderung auf Hrn. Fischer's Replik.*

Aller Polemik abhold und Hrn. F. versichernd, daſs ich künftighin nie wieder eine Sylbe gegen ihn schreiben werde, und mir es wirklich leid thut, dieſs auch nur ein Mal gethan zu haben, will ich den zwischen uns geführten Streit nicht länger fortsetzen, mir aber wohl noch

ein Wort zu sagen erlauben über den an mich gerichteten Vorwurf: ich hätte von Schmähreden gegen Hrn. F. Gebrauch gemacht. Ich weise diese Anschuldigung einfach zurück; denn wenn in meiner Erwiderung behauptet wird, Hr. F. hätte bei seinen Versuchen sich eines jodsauren kalihaltigen Jodkaliums bedient, und von vielen der wichtigeren Angaben meiner von ihm beurtheilten Schrift keine Kenntnifs genommen; wenn ich seinen Schlufs: die phosphorichte Säure sey die Ursache der oxydirenden Wirkungen einer, unter gegebenen und von mir näher bezeichneten Umständen sich bildenden Phosphoratmosphäre, z. B. des Bleichens, der Umwandlung des Jods in Jodsäure, des Jodkaliums in jodsaures Kali u. s. w., einen höchst unglücklichen genannt, auch von gröberen Irrthümern gesprochen habe, in welche Hr. F. selbst gefallen sey, indem er die meinigen hervorgehoben, so sind diese Reden, nach den Vorstellungen, die man hier zu Lande von Anständigkeit hat, keine *Schmähreden*, sondern Ausdrucksweisen, die der guten Sitte nicht entgegenlaufen, wenn dieselben vielleicht auch milder hätten gefafst werden können. Wären meine Ansichten über Schmähreden nicht verschieden von denen des Hrn. Fischer, und wäre es überdiefs nicht schlechter Geschmack, so würde ich den mir gemachten Vorwurf erwidern; denn keinesfalls zeichnet sich die von dem Breslauer Chemiker gegebene Antwort durch übergrofse Urbanität und allzu loyale Beurtheilung der Materie meiner Polemik gegen ihn aus. Ich begreife indessen vollkommen, dafs das, was ich über die Fischer'sche Arbeit gesagt habe, ihrem Urheber nicht angenehm seyn konnte, und gönne ihm deshalb auch gerne die Freude, dafs er durch seine Kritik an mir zum Ritter sich geschlagen und den Beifall competenter Richter erworben hat.

Basel, den 21. Oct. 1845.

C. F. Schönbein.

X. *Zur Geschichte der Endosmose; von Parrot den Vater.*

(An den Hrn. Herausgeber der Annalen der Physik und Chemie.)

Am Ende des No. 10, 1844, Ihrer so schätzbaren Annalen finde ich, S. 350, ohne Namensunterschrift, eine Notiz, in welcher die Priorität des ersten endosmosischen Versuches für Nollet gegen mich vindicirt wird, indem man mir die Priorität vor Hrn. Dutrochet zugesteht, so dafs es den Anschein haben könnte, als hätte ich nicht Nollet, sondern mir die Ehre dieses ersten Versuches vindiciren wollen.

Wahrlich! Ich, ein acht und siebenzigjähriger Greis, bin mir in meinem 58jährigen wissenschaftlichen Leben eines solchen Vergehens nicht bewufst, und gegen Nollet am wenigsten, den ich höher stelle als seine Landsleute selbst, die ihn ziemlich vergessen zu haben scheinen. Denn als Hr. Dutrochet seine Versuche der Pariser Academie vorlegte, erwähnte weder Er, noch ein anderer Academiker Nollet's. Ich war der Erste, der dieser Academie diesen trefflichen Physiker in's Andenken zurückrief, mich dankbar erinnernd, dafs Er mein erster Führer in der von mir schon im 16ten Jahre gewählten Laufbahn war.

Aufserdem übergab ich der hiesigen Academie eine Note (s. *Bulletin scientifique*, 1840, *No.* 167, *p.* 346), in welcher ich, bei Gelegenheit eines neuen auffallenden Phänomens von Endosmose sagte: *Nollet est le premier, sic je ne me trompe, qui ait fait une experience d'Endosmose au moyen d'eau distillée, d'esprit de vin et d'un morceau de vessie. Je sentis dabord l'importance que cette expérience appliquée a l'économie ani-*

male pourroit avoir pour la Physiologie. Diese Note schrieb ich zu Anfang August 1840.

Am 10. October desselben Jahres las ich, gleichfalls bei der hiesigen Academie, eine Abhandlung: *Essai sur les végétations métalliques et la cristallisation* (s. *Mémoires de l'Académie imp. des Sciences, VIe série, Sciences mathématiques et physiques, T. III*), worin sich eine lange Note befindet, in welcher ich sage: *Le phénomène de l'Endosmose n'est pas si nouveau quon le croit communément. Nollet nous en a livré la première expérience*, und ich beschreibe sogleich den zweifachen Versuch, wie ihn der geistreiche Physiker angestellt hat [1]).

Sie werden ohne Zweifel sich wundern, dafs die erwähnte Notiz in Ihren Annalen, etwa ein Monat nach einer Notiz entgegengesetzten Inhalts im *l'Institut*, worin man mich beschuldigt, dafs eine Note von mir an die Pariser Academie nichts enthalte, als dafs Nollet den ersten endosmosischen Versuch angestellt habe: *ceque l'on savoit d'ailleurs* (ja, nachdem ich die Academie davon unterrichtet hatte). Diese Note ist aber eine förmliche Abhandlung, in welcher unter dem Titel: *Coup-d'oeil sur l'Endosmose*, ich Vieles mittheile, welches der Pariser Academie unbekannt war. Dafs ich Nollet's Verdienst darin erwähne, war Pflicht, wobei ich aber den

1) Beide Noten sind leider von mir übersehen worden, sonst würde ich sie mit Vergnügen, entweder statt der in den Ann., Bd. 63, S. 350, mitgetheilten (bei welcher übrigens der Urheber Bellani genannt ist) aufgenommen, oder sie dieser inhaltlich hinzugefügt haben. — Warum aber, möchte ich hiebei fragen, hat es dem geehrten Hrn. Verf. nicht gefallen, schon in seinem Lehrbuche der Physik (1811) zu bemerken, was erst dreifsig Jahre später jene Note in den Petersburger Denkschriften sagt, dafs die von ihm i. J. 1802 angestellten Versuche blofse Wiederholungen der von Nollet waren. Wäre es geschehen oder überhaupt nur Nollet's Name dabei genannt, so würde er der gegenwärtigen Rechtfertigung gänzlich überhoben gewesen seyn. *P.*

Namen Dutrochet nicht nannte. So habe ich denn das angenehme Schicksal, in Frankreich angeklagt zu werden, *ganz ohne Noth*, Nollet's Priorität zu verfechten, zugleich aber in Deutschland, als hätte ich *mir* diese Priorität vindiciren wollen.

St. Petersburg, im Mai 1845.

XI. *Notizen.*

1) *Neue Volta'sche Combination.* — In der am 21. Aug. 1844 gehaltenen Sitzung der mathematisch-physikalischen Classe der St. Petersburger Academie hat Prof. Jacobi die Mittheilung gemacht, dafs wenn man in der Daniell'schen Kette die Schwefelsäure durch eine ziemlich concentrirte Lösung von Cyankalium, und das Zink durch Silber ersetzt, ein ziemlich kräftiger Strom entsteht, durch welchen das Silber rasch aufgelöst und auf die Kupferplatte Kupfer gefällt wird. Statt des Kupfers und Kupfersalzes kann man auch Platin oder Kohle und Salpetersäure anwenden (*Bullet. de la Classe phys. math. de l'acad. de St. Petersb., T. III., p.* 288. — Bei seiner neulichen Anwesenheit in Berlin fügte Hr. Prof. Jacobi dieser vorläufigen Mittheilung noch hinzu, dafs man auch, wenn in obiger Combination Kupfer und Kupferlösung durch Zink und Zinklösung ersetzt werden, einen Strom erhalte, bei welchem das Silber gleichfalls als positives Metall auftritt. *P.*)

2) *Galvanische Reihe in Cyankaliumlösung.* — Vorstehende Beobachtungen machten mich begierig zu erfahren, wie sich wohl die galvanische Reihe der Metalle in einer blofsen Lösung von Cyankalium gestalten werde. Nach der bekannten Methode erhielt ich bei einer Lösung des Salzes in 8 Th. destillirten Wassers folgende Reihe, mit dem positivsten Metalle angefangen:

1) Zink, amalg.	5) Zinn	9) Blei	13) Eisen
2) Zink	6) Silber	10) Quecksilber	14) Platin
3) Kupfer	7) Nickel	11) Palladium	15) Gufseisen
4) Kadmium	8) Antimon	12) Wismuth	16) Kohle

Das Abweichende dieser Reihe von denen in sauren und alkalischen Flüssigkeiten, wie sie z. B. noch in neuerer Zeit von Faraday bestimmt wurden (Annal., Bd. 53, S. 496), ist augenfällig. Bemerkenswerth darin macht sich besonders die relativ grofse Positivität des Kupfers und des Silbers. Beim Kupfer ist diese zwar in sofern nicht auffallend, als dasselbe von der Lösung sehr sichtlich angegriffen wird, was ich sonst noch nicht angegeben finde; es löst sich nämlich unter Entwicklung von Wasserstoffgas, offenbar indem es Kalium ausscheidet, welches sich auf Kosten von Wasser wiederum oxydirt. Beim Silber aber ist kein solcher Angriff sichtbar wenigstens nicht in einer Lösung von der angegebenen Verdünnung; indefs wird es doch ein wenig von dieser gelöst. Denn eine kleine Platte, 1,842 Grm. wiegend, 40 Par. Lin. lang und 2,5 Par. Lin. breit, bei gewöhnlicher Temperatur vier Tage lang in derselben liegen gelassen, hatte 9 Milligramm am Gewicht verloren, und als darauf eine Kupferplatte in die Flüssigkeit gestellt wurde, überzog dieselbe sich mit einer glänzenden Haut von metallischem Silber [1]).

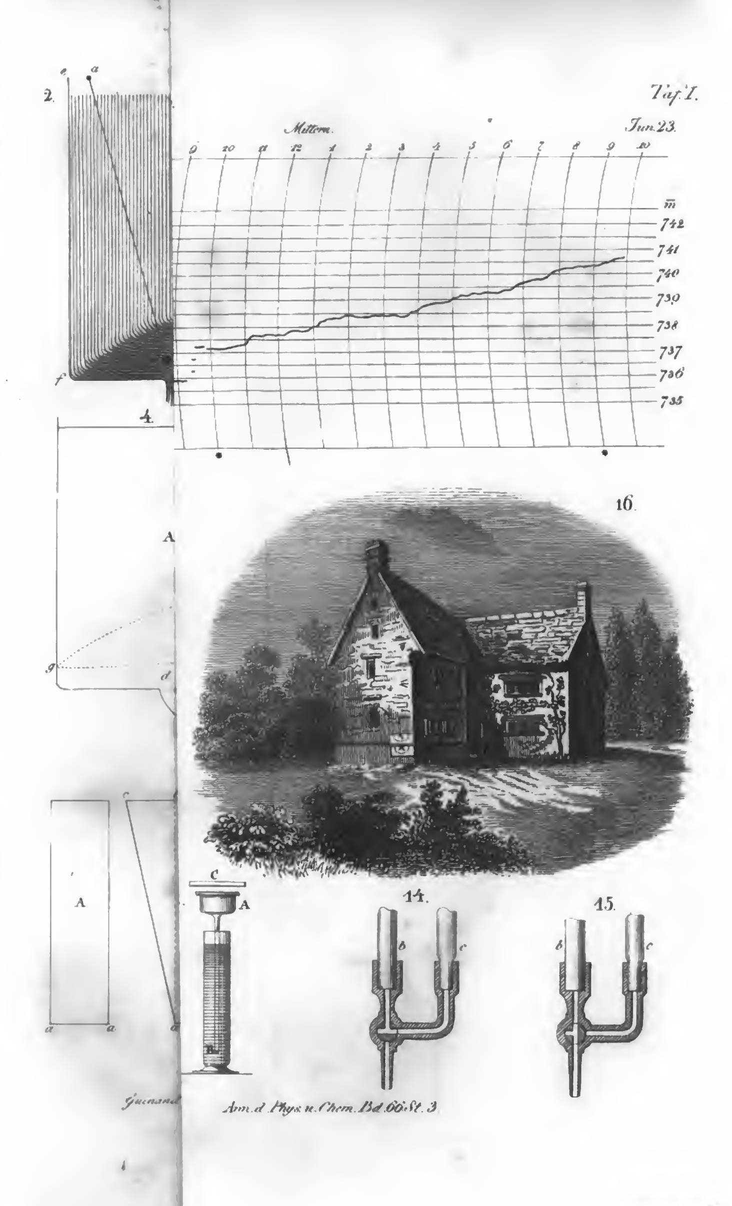
Eine Lösung von Kaliumeisencyanür in 8 Th. destillirten Wassers gab mir folgende Reihe: *Zink, Kadmium, Blei, Kupfer, Antimon, Zinn, Wismuth, Nickel, Gufseisen, Eisen, Palladium, Silber, Kohle, Platin.* Auch von dieser Lösung wird das Kupfer (auf eine noch näher zu untersuchende Weise) angegriffen, Silber aber nicht.

Ich gebe diese Erfahrungen nur vorläufig, da es längst in meinem Plane liegt, diese und ähnliche Reihen quantitativ zu bestimmen.

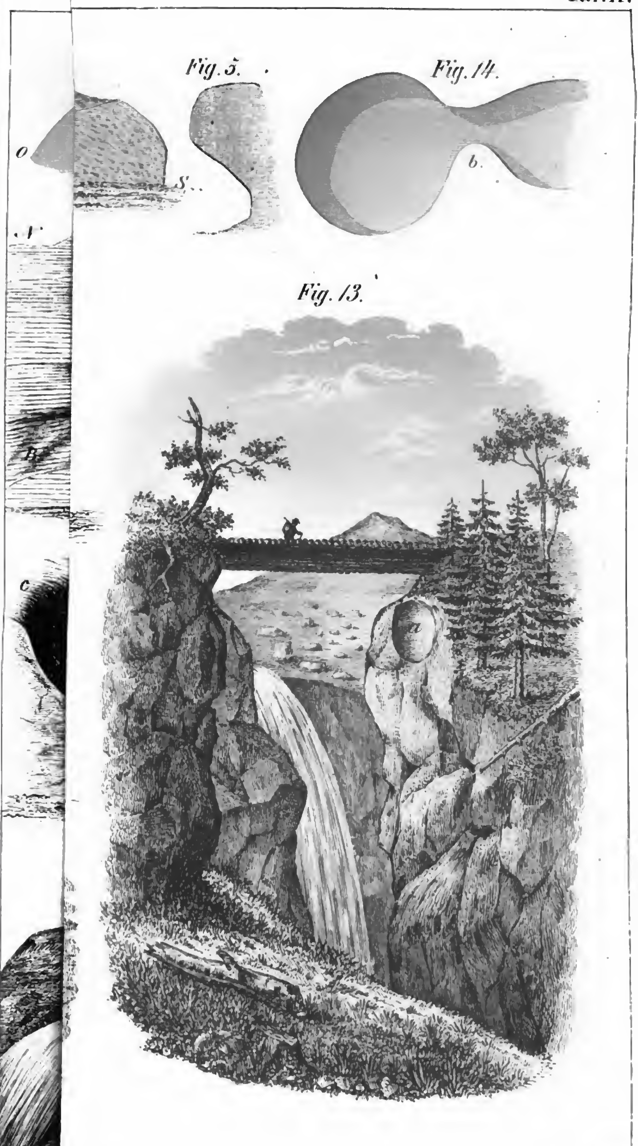
Poggendorff.

1) Dafs sich Kupfer durch blofses Eintauchen in eine Cyansilber haltende Lösung von Cyankalium mit einer zwar dünnen, aber sehr glänzenden Schicht von Silber dauerhaft überziehen lasse, theilte mir schon vor längerer Zeit Hr. Dr. Robert Hagen mit.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin.


Taf. I.
Mittern.
Jun. 23.
2.
4.
16.
14.
15.
Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 66. St. 3.




Fig. 5.
Fig. 14.
Fig. 13.
o
S.
b.
B
C



